

Bernburg
Dessau
Köthen



Hochschule Anhalt
Anhalt University of Applied Sciences



Fachbereich
Elektrotechnik, Maschinenbau
und Wirtschaftsingenieurwesen

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Engineering (M. Eng.)

Benjamin Pehlke

Vorname Nachname

Master Elektrotechnik und
Informationstechnik (fern), 2014,
4059887

Studiengang, Matrikel, Matrikelnummer

Thema:

**Möglichkeiten und Grenzen von
Compositing- und VFX-Software beim
Einsatz an der Hochschule Anhalt**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Strauß

1. Prüfer

Prof. Dr. Matthias Schnöll

2. Prüfer

30.03.2017

Abgabe am

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass die Arbeit selbständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt wurde und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen, einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software, verwendet wurden.

Oranienburg, 30.03.2017

Ort, Datum

Unterschrift des Studierenden

Sperrvermerk

Sperrvermerk:

ja

nein

wenn ja:

Der Inhalt der Arbeit darf Dritten ohne Genehmigung der/des (Bezeichnung des Unternehmens) nicht zugänglich gemacht werden. Dieser Sperrvermerk gilt für die Dauer von X Jahren.

Oranienburg, 30.03.2017

Ort, Datum

Unterschrift des Studierenden

Kurzfassung

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich mit der Thematik Compositing und visuelle Effekte und den Möglichkeiten und Grenzen entsprechender Software für den Einsatz an der Hochschule Anhalt.

Der Anspruch, immer faszinierendere Bilder für Kino, TV, Werbung und Computerspiele zu erzeugen, wird durch die Anwendung von Software zum Erstellen von Compositings und visueller Effekte umgesetzt. Durch die zunehmende Leistungsfähigkeit von Computern sowie Compositing- und Effekt-Software und Kameras mit immer höherer Auflösung, können und werden in heutigen Produktionen immer häufiger gestalterische Arbeiten in die digitale Postproduktion verlagert, um harmonisch, realistisch und atemberaubend wirkende Bilder zu erzeugen.

Fotorealistentes digitales Compositing beinhaltet das computergestützte Zusammenfügen von verschiedenen Bildanteilen (Ebenen) zu einem harmonischen, glaubwürdigen Ganzen, mit dem Ziel, das Ergebnis überwiegend so erscheinen zu lassen, als wäre es an einem Ort, zu einer Zeit und mit nur einer Kamera aufgenommen worden.

Um ein fotorealistentes Compositing zu erreichen, werden verschiedene Ebenen (ggf. mehrere digitale Filmaufnahmen [inkl. Screen-Aufnahmen], statische und animierte computergenerierte Bildelemente [Objekte, Bilder, Bildsequenzen und Video-Container]) nahtlos auf unterschiedliche Weise miteinander verknüpft, aneinander angepasst und ggf. durch visuelle Effekte im Programm ergänzt.

Die für solche Vorhaben verwendeten Programme sind aufgrund der Vielzahl an Werkzeugen, Funktionen und den sich daraus ergebenden Möglichkeiten sehr komplex.

In dieser Masterarbeit werden zunächst die technischen Grundlagen für den Umgang mit digitalen Bildern und Videos sowie Grundlagen von Compositing und visuellen Effekten beschrieben.

In diesem Zusammenhang wird das derzeit im professionellen Bereich am meisten verbreitetste Compositing- und Effekt-Programm „Nuke“ näher beleuchtet.

Mit Hilfe dieses Programms wird ein Compositing produziert, um die Möglichkeiten des Programms darzustellen. Dafür wurde eine Kampfszene aufgenommen, die mit „Nuke“ aufbereitet und mit verschiedenen statischen und dynamischen Elementen und Effekten zu einem harmonischen und glaubwürdigen Ganzen verbunden wurde.

Diese Arbeit bietet daher sowohl einen Einblick in die Thematik Compositing und visuelle Effekte als auch an die Herangehensweisen für die Erstellung eines Compositings mit „Nuke“.

Die Software ermöglicht es, zahlreiche gestalterische Arbeitsschritte bis hin zur Finalisierung eines Compositing-Projekts flexibel und jederzeit editierbar in die Postproduktion verlagern und auch mit mehreren Personen gleichzeitig bearbeiten zu können. Sie ist für Studenten des Studiengangs Medientechnik dann geeignet, wenn zuvor die theoretischen Grundlagen vermittelt wurden, eine Einarbeitung in die Software erfolgt ist und die technischen Voraussetzungen zur Nutzung des Programms gegeben sind. Eine Integration der Thematik im Studiengang Medientechnik könnte durch einen praktischen Anteil (z.B. als Gruppenarbeit, bei der jeder einen Teil des Gesamtcompositings übernimmt und die einzelnen Ebenen später zu einem harmonischen Ganzen zusammengeführt werden) abgerundet werden und so den Studierenden die Möglichkeit geben, die erlernten theoretischen Grundlagen anzuwenden, nachzuvollziehen und zu vertiefen.

Abkürzungsverzeichnis

ATSC:	Advanced Television Systems Committee
CG(I):	Computer Generated (Image)
CMOS:	Complementary metal-oxide-semiconductor
DCI:	Digital Cinema
DV:	Digital Video
EBU:	European Broadcasting Union (Europäische Rundfunkunion)
FPS:	Frames per second (Bilder pro Sekunde)
GUI:	Graphic User Interface
HD:	High Definition
HDR(I):	High Dynamic Range (Image)
HEVC:	High Efficiency Video Codec
(i)OS:	Operating System (Betriebssystem), i bei Betriebssystemen von Apple
ITU:	International Telecommunication Union (Internationale Fernmeldeunion)
JPEG:	Joint Photographics Expert Group <u>und</u> Dateiformat
LCD:	Liquid Crystal Display
LTC:	Longitudinal Timecode
MPEG:	Moving Picture Experts Group <u>und</u> Videokomprimierungsformat
NTSC:	National Television Systems Committee <u>und</u> analoger Fernsehstandard
OLED:	Organic Light Emitting Diode
PAL:	Phase Alternating Line (analoger Fernsehstandard)
PAR:	Pixel Aspect Ratio (Pixelseitenverhältnis)
(P)sF:	(Progressive) Segmented Frame (Scan-Modus)
QHD:	Quad High Definition
SD:	Standard Definition
SFX:	Special Effects
SHV:	Super Hi-Vision
TC:	Timecode
TV:	Television
UHD:	Ultra High Definition
VFX:	Visuelle Effekte
VITC:	Vertical Interval Timecode

Tabellen - und Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 2.1 Vergleich einiger Videoformate	2
Tabelle 2.2 Übersicht Bit/Anzahl Farben	11
Tabelle 3.1 Workspaces Shortcuts [ABC05]	123
Tabelle 3.2 Toolbar: icons and functions	128
Tabelle 3.3 Indikatoren von Nodes	129

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 2.1 Beispiel Rasterbild	3
Abbildung 2.2 Beispiel Vektorgrafik: oben Originalbild, unten Vektorgrafik.....	4
Abbildung 2.3 Beispiele Fraktale Bilder	5
Abbildung 2.4 Umwandlung PAR von SD-Videomaterial nach EBU/Gerber-Norm [DUM10].....	6
Abbildung 2.5 Umwandlung PAR von SD-Videomaterial nach USA-Norm [DUM10].....	6
Abbildung 2.6 Übersicht verschiedener örtlicher Auflösungen	9
Abbildung 2.7 Übersicht auswählbarer örtlicher Auflösungen für ein Projekt im Programm NUKE.....	9
Abbildung 2.8 Bild mit 2 Farben (1 Bit).....	10
Abbildung 2.9 Bild mit 16 Farben (4 Bit).....	10
Abbildung 2.10 Bild mit 256 Farben (8 Bit).....	11
Abbildung 2.11 Bild mit 16.777.216 Farben (24 Bit).....	11
Abbildung 2.12 Additive Farbmischung (links), subtraktive Farbmischung (rechts) [ABC06].....	13
Abbildung 2.13 Originalbild (oben) , R-Kanal (links), G-Kanal (rechts) und B-Kanal (unten)	15
Abbildung 2.14 Zeilensprungverfahren [DUM10].....	22
Abbildung 2.15 Interlaced Vollbild [DUM10].....	22
Abbildung 2.16 horizontaler (links) und vertikaler Versatz (rechts) [DUM10]	23
Abbildung 2.17 Beispiel Interlaced Bild (links) und Beispiel Field Merge (rechts) [DUM10]	24
Abbildung 2.18 Progressivbildberechnung durch Doppelung eines Halbbildes [DUM10]	25
Abbildung 2.19 Action und Title Safe für HD-TV.....	31
Abbildung 2.20 Konstante Interpolation - Wertkurve [DUM10]	35
Abbildung 2.21 Lineare Interpolation - Wertkurve [DUM10].....	35
Abbildung 2.22 Kubische Interpolation - Wertkurve [DUM10]	36
Abbildung 2.23 Bézier-Interpolation - Wertkurve [DUM10].....	36
Abbildung 2.24 Bézier-Interpolation – Wertkurve ohne und mit veränderten Tangenzziehungspunkten [DUM10]	36

Abbildung 2.25 Hermite-Interpolation - Wertkurve [DUM10]	37
Abbildung 2.26 Gemischte Interpolation - Wertkurve [DUM10].....	37
Abbildung 2.27 Geschwindigkeitsänderung – Wertkurven, links „Ease in“ und rechts „Ease out“ [DUM10]	37
Abbildung 2.28 Umkehr-Extrapolation – Wertkurve [DUM10]	38
Abbildung 2.29 Konstante-Extrapolation – Wertkurve [DUM10].....	38
Abbildung 2.30 Loop-Extrapolation – Wertkurve [DUM10]	39
Abbildung 2.31 Ping Pong-Extrapolation – Wertkurve [DUM10]	39
Abbildung 2.32 Parenting [DUM10].....	42
Abbildung 2.33 Kantenverschiebung (vertikal, horizontal sowie vertikal und horizontal) [DUM10]	43
Abbildung 2.34 Beispiel Eckpunkte verschieben; Originalbild (oben links), mit verschobenen Eckpunkten (unten links) und Ergebnisbild (unten rechts) [ABC02].....	43
Abbildung 2.35 Bézier-Verkrümmung; Original (oben links) und Beispiele (unten) [ABC02]	44
Abbildung 2.36 Beispiel Warper (Strudelfilter) [DUM10].....	44
Abbildung 2.37 Beispiel Gitterverzerrung: Original (oben links), mit Verzerrungsgitter (unten links) und Ergebnisbild (unten rechts) [ABC02].....	45
Abbildung 2.38 Beispiel Gitterverzerrung Schatten: oben links: Hintergrund; oben Mitte: Schatten ohne Warp; oben rechts: Gitternetz ohne Warp; unten links: Gitternetz mit Warp; unten Mitte: Schatten mit Warp; unten rechts: anderer Hintergrund [DUM10]	46
Abbildung 2.39 Beispiel Spline-Warper [DUM10].....	46
Abbildung 2.40 Beispiel typischer Resampling-Artefakte; von links nach rechts: Original, Schärfeverlust, schlechtes Aliasing und heller Schein [DUM10].....	48
Abbildung 2.41 Bilineare Interpolation: Einzugsbereich [DUM10].....	49
Abbildung 2.42 Bikubische Interpolation: Einzugsbereich [DUM10].....	49
Abbildung 2.43 Eingabebild und RGB-Histogramm	52
Abbildung 2.44 Histogramme der einzelnen Kanäle; R-Kanal, G-Kanal, B-Kanal.....	52
Abbildung 2.45 Einzugsbereich 3x3 und 5x5 Pixel [DUM10]	53
Abbildung 2.46 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Addition [BRI08]	58
Abbildung 2.47 Eingabebilder A und B und Ergebnisbilder Subtraktion (geclippt) [BRI08].....	59
Abbildung 2.48 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild - Mix [DUM10].....	59
Abbildung 2.49 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Multiplikation [BRI08]	60
Abbildung 2.50 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Screen [BRI08]	60
Abbildung 2.51 links: Transformiertes Eingangsbild; rechts: Ergebnisbild Screen [BRI08].....	61
Abbildung 2.52 Eingabebilder und Ergebnisbild Minimum-Operator [BRI08].....	61
Abbildung 2.53 Eingabebilder und Ergebnisbild Maximum-Operator [BRI08]	62
Abbildung 2.54 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Ineinander Kopieren [DUM10]	62
Abbildung 2.55 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Weiches Licht [DUM10].....	63

Abbildung 2.56 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Hartes Licht [DUM10].....	63
Abbildung 2.57 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Farbton [DUM10]	63
Abbildung 2.58 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Sättigung [DUM10].....	64
Abbildung 2.59 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Farben abwedeln [DUM10].....	64
Abbildung 2.60 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Luminanz [DUM10]	65
Abbildung 2.61 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Differenz [DUM10]	65
Abbildung 2.62 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild AND [DUM10].....	66
Abbildung 2.63 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild NAND [DUM10]	66
Abbildung 2.64 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild OR [DUM10]	66
Abbildung 2.65 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild NOR [DUM10].....	67
Abbildung 2.66 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild XOR [DUM10]	67
Abbildung 2.67 Eingabebild A und B und Ergebnisbild In-Operator, hier: A in B [BRI08].....	68
Abbildung 2.68 Eingabebild B und A und Ergebnisbild In-Operator, hier: B in A [BRI08].....	68
Abbildung 2.69 Eingabebild A und B und Ergebnisbild Out-Operator, hier: A out (außerhalb von) B [BRI08]	69
Abbildung 2.70 Eingabebild B und A und Ergebnisbild Out-Operator, hier: B out (außerhalb von) A [BRI08]	69
Abbildung 2.71 Eingabebild A und B und Ergebnisbild Out-Operator, hier: A Atop B [BRI08]	70
Abbildung 2.72 Eingabebild B und A und Ergebnisbild Out-Operator, hier: B Atop A [BRI08]	70
Abbildung 2.73 Vorder- und Hintergrund mit dazugehöriger Maske und Ergebnis Keymix [DUM10].....	71
Abbildung 2.74 Beispiel Maskenmultiplikation (blickdicht, semi-transparent und transparent) [DUM10]	72
Abbildung 2.75 Vordergrund x Maske = vormultipliziertes Bild [DUM10]	72
Abbildung 2.76 vormultipliziertes Vordergrund + Hintergrund = partielle Doppelbelichtung [DUM10]	73
Abbildung 2.77 Hintergrund + invertierte Maske Vordergrund = vormultiplizierter Hintergrund [DUM10]	73
Abbildung 2.78 vormultipliziertes Vordergrund + vormultiplizierter Hintergrund = Composite [DUM10].....	73
Abbildung 2.79 Beispiel Split-Screen aus der TV-Serie „24“ [ABC03]	74
Abbildung 2.80 Beispiel Bézier-Kurve mit und ohne Kontrollpunkte	76
Abbildung 2.81 Beispiel B-Spline-Kurve mit und ohne Kontrollpunkte	76
Abbildung 2.82 Beispiel Interlaced Bild [DUM10].....	78
Abbildung 2.83 Beispiel Vordergrund mit Bewegungsunschärfe, Splines und Maske [WRI11]	79
Abbildung 2.84 Beispiel Vordergrund mit feinen Details und Semi-Transparenzen [DUM10].....	79
Abbildung 2.85 Beispiel Vordergrund mit Transparenzen [WRI11].....	80
Abbildung 2.86 Beispiel Vordergrund mit großen Helligkeitsunterschieden [DUM10].....	84
Abbildung 2.87 Beispiel Maske nach Anpassung der Toleranz [DUM10]	85
Abbildung 2.88 Beispiel Maske nach Erhöhung der Weichheit [DUM10]	85

Abbildung 2.89 Beispiel weitere Einsatzgebiete Luminanz-Keyer; links: Eingabebild, mittig: Luminanz-Maske, rechts Ergebnisbild mit Glow-Filter auf den Lichtern [DUM10]	85
Abbildung 2.90 Beispiel Bluescreen-Aufnahme [DUM10]	86
Abbildung 2.91 Beispiel Target Plate (links) und Clean Plate (rechts) [DUM10]	87
Abbildung 2.92 Prinzip Farbdifferenz-Keyer [DUM10]	88
Abbildung 2.93 Beispiel Vordergrund mit Spill vor neuem Hintergrund und Vordergrund mit Despill vor neuem Hintergrund [DUM10].....	90
Abbildung 2.94 Beispiel reflektierende Anteile im Vordergrund [DUM10]	91
Abbildung 2.95 Beispiel störendes Equipment im Bild [DUM10]	92
Abbildung 2.96 Beispiel für Kernmaske, Kantenmaske und Kombination beider Masken (finale Maske)[DUM10]	93
Abbildung 2.97 Beispiel Randmaske [DUM10]	93
Abbildung 2.98 Beispiel Ausschlussmaske [DUM10]	94
Abbildung 2.99 Objektivtypen: Normalobjektiv, (Ultra-)Weitwinkel, Teleobjektiv [DUM10]	96
Abbildung 2.100 Beispiel Bild mit Objektivverzerrung und korrigiertes Bild [DUM10]	96
Abbildung 2.101 Beispiel Bild mit stürzenden Linien und korrigiertes Bild [DUM10]	97
Abbildung 2.102 Original Bild und korrigiertes Bild mit Corner Pin [DUM10]	97
Abbildung 2.103 Vergleich zweier Blenden und die Auswirkung auf die Tiefenschärfe; links: Blende 5,6 (recht offene Blende) und rechts: Blende 22 (sehr geschlossene Blende) [DUM10]	98
Abbildung 2.104 Beispiele für Geschwindigkeitsmanipulationen; von links nach rechts: Ausgangsgeschwindigkeit, Geschwindigkeitsverlauf rückwärts, konstante Verlangsamung (Zeitlupe), Beschleunigung (Zeitraffer) und variable Geschwindigkeitsänderung [DUM10]	99
Abbildung 2.105 Beispiel Such- und Vergleichsbox des zu trackenden Elements	100
Abbildung 2.106 Beispiele für unterschiedliche 2D-Tracker-Marker [DUM10]	101
Abbildung 2.107 Beispiel Referenzelement und getracktes Element mit Versatz [DUM10]	102
Abbildung 2.108 Beispiel Bewegungskurve mit „kleinen Ausreißern“ [DUM10]	102
Abbildung 2.109 Beispiel 2-Punkt-Tracking [DUM10]	104
Abbildung 2.110 Beispiel 4-Punkt-Tracking [DUM10]	105
Abbildung 2.111 Lichtspektrum [ABC07]	106
Abbildung 2.112 Reflektion und Absorption von Licht bei glänzender (links) und matter Oberfläche (rechts) [DUM10]	107
Abbildung 2.113 Schwarze, weiße und graue Oberfläche [DUM10]	107
Abbildung 2.114 Beispiel räumliche und transparente Farben [DUM10]	107
Abbildung 2.115 Farbtemperaturen [DUM10]	108
Abbildung 2.116 Beispiel Hauptlicht [DUM10]	109
Abbildung 2.117 Beispiel Fülllicht [DUM10]	109
Abbildung 2.118 Beispiel Fülllicht [DUM10]	110

Abbildung 2.119 Beispiel Grundlicht [DUM10].....	110
Abbildung 2.120 Beispiel Augenlicht; links: ohne Augenlicht, rechts: mit Augenlicht[DUM10].....	110
Abbildung 2.121 Beispiel 3D-Objekt und Tiefenkarte [BRI08].....	113
Abbildung 2.122 Beispiel Mulitplane Compositing [WRI11].....	114
Abbildung 3.1 Vergleich NUKE-Versionen [ABC06]	116
Abbildung 3.2 Vergleich NUKE-Versionen	118
Abbildung 3.3 Nuke Studio Timeline Environment [ABC05].....	119
Abbildung 3.4 Timeline Editing Tools.....	120
Abbildung 3.5 Nuke Studio Compositing Environment [ABC05]	121
Abbildung 3.6 Timeline Linked Group [ABC05].....	122
Abbildung 3.7 Compositing Linked Group [ABC05]	122
Abbildung 3.8 Panel Focus [ABC05].....	123
Abbildung 3.9 Anpassung von Abschnitten/Bereichen [ABC05].....	124
Abbildung 3.10 Preferences - General [ABC05]	126
Abbildung 3.11 Menu to customize the workspace and the Menu Bar[ABC05]	127
Abbildung 4.1 Herstellung der Lichtschwerter	135
Abbildung 4.2 Fertiges Lichtschwert mit Klinge und Beleuchtung	136
Abbildung 4.3 Aufnahmeeinstellungen des Ausgangsvideos	137
Abbildung 4.4 Umwandlung des Videos in eine Bildsequenz (1).....	138
Abbildung 4.5 Umwandlung des Videos in eine Bildsequenz (2).....	138
Abbildung 4.6 Rendereinstellungen.....	139
Abbildung 4.7 Eingrenzung des zu rendernden Bereichs	139
Abbildung 4.8 Angepasste Rendereinstellungen	140
Abbildung 4.9 Einstellungen für Ausgabemodule.....	141
Abbildung 4.10 Rendern des Videos.....	141
Abbildung 4.11 Meldung Farbtiefe	142
Abbildung 4.12 NUKE Studio nach dem Start und Hinweis	143
Abbildung 4.13 NUKE Studio nach dem Start und Hinweis	144
Abbildung 4.14 NUKE Studio Hauptfenster	144
Abbildung 4.15 Project Settings.....	145
Abbildung 4.16 Angepasste Project Settings	146
Abbildung 4.17 Project speichern	146
Abbildung 4.18 Import File(s)	147
Abbildung 4.19 Framerate des importierten Clips (Bildsequenz) anpassen.....	147
Abbildung 4.20 Clip (Bildsequenz) im Node Graph.....	148

Abbildung 4.21 Clip (Bildsequenz) im Node Graph verbunden mit dem Viewer.....	148
Abbildung 4.22 NUKE Ansicht (Workspace) ändern	149
Abbildung 4.23 Beispiel Steigerung der Übersichtlichkeit mit der Backdrop-Node	150
Abbildung 4.24 Node-Auswahl – Möglichkeit 1.....	152
Abbildung 4.25 Node-Auswahl – Möglichkeit 2.....	153
Abbildung 4.26 Node „Denoise“ im Node-Baum.....	153
Abbildung 4.27 Node „Denoise“ Rausch-Auswahl-Fenster und angepasste Einstellungen	154
Abbildung 4.28 Node „Denoise“ deaktiviert.....	154
Abbildung 4.29 Node „Denoise“ aktiviert.....	155
Abbildung 4.30 Node „Sharpen“ Einstellungen	155
Abbildung 4.31 Node „Sharpen“ aktiviert	155
Abbildung 4.32 Node „Sharpen“ deaktiviert	156
Abbildung 4.33 Node „Grade“ Einstellungen.....	156
Abbildung 4.34 Node „Grade“ aktiviert.....	156
Abbildung 4.35 Node „Grade“ deaktiviert.....	157
Abbildung 4.36 Node „Saturation“ Einstellungen.....	157
Abbildung 4.37 Node „Saturation“ aktiviert.....	157
Abbildung 4.38 Node „Saturation“ deaktiviert.....	158
Abbildung 4.39 Element „futuristisches Gebäude“, links Original, rechts freigestellt	159
Abbildung 4.40 Element Gebäude im Node Tree, Einstellungen der Merge-Node und Darstellung im Viewer.....	160
Abbildung 4.41 Element Gebäude im Node Tree, Einstellungen der Nodes und Darstellung im Viewer.....	161
Abbildung 4.42 Element Gebäude im Node Tree, Default-Einstellungen der Transform-Node und Darstellung im Viewer	162
Abbildung 4.43 Element Gebäude mit angepassten Einstellungen der Transform-Node und Darstellung im Viewer.....	162
Abbildung 4.44 Element Gebäude, Transform- und Soften-Node im Node Tree, angepasste Einstellungen der Soften-Node und Vergleich mit/ohne Soften-Node im Viewer	163
Abbildung 4.45 weiteres Element Gebäude	164
Abbildung 4.46 Ergebnis weiteres Gebäude und angepasste Einstellungen	165
Abbildung 4.47 Original Planet (links) und farblich modifizierter Planet (rechts)	166
Abbildung 4.48 Element Planet und dazugehörigen Nodes im Node Tree, Einstellungen der Nodes und Darstellung im Viewer	167
Abbildung 4.49 Gebäude-Elemente mit Grade-Nodes im Node Tree, Einstellungen der Grade-Nodes und Vergleich mit/ohne eingestellte Grade-Node	168
Abbildung 4.50 Gesamtbild mit Gebäude-Elementen im Viewer.....	169
Abbildung 4.51 Bild Todesstern.....	169

Abbildung 4.52 Defocus-Node geklont	170
Abbildung 4.53 Wechsel zwischen RGB- und Alpha-Ansicht	170
Abbildung 4.54 Bild Todesstern im Node Tree und Darstellung einzelner Nodes im Viewer.....	171
Abbildung 4.55 Bild Todesstern Einstellungen der Nodes	172
Abbildung 4.56 Bild Todesstern im Compositing.....	173
Abbildung 4.57 VFX-Clips für die linke und rechte Rauchsäule	173
Abbildung 4.58 Linke Rauchsäule transformiert.....	174
Abbildung 4.59 Roto-Spline für linke Rauchsäule.....	174
Abbildung 4.60 Roto-Spline und Feather Points für linke Rauchsäule reingezoomt (1).....	175
Abbildung 4.61 Roto-Spline und Feather Points für linke Rauchsäule reingezoomt (2).....	175
Abbildung 4.62 Linke Rauchsäule im Node Tree, Einstellungen der Nodes (Grade, Blur und Merge) und Darstellung im Viewer	176
Abbildung 4.63 Roto-Spline für rechte Rauchsäule, Einbettung im Node Tree und Darstellung im Viewer .	177
Abbildung 4.64 Links: Sternzerstörer Originalbild, rechts: freigestellt und gespiegelt	178
Abbildung 4.65 Links: Transform-Node mit Keyframes und Einstellungen der Transform-Node für den ersten und letzten Frame	179
Abbildung 4.66 Sternzerstörer im Node Tree und Darstellung im Viewer zu Beginn und Ende des Clips.....	180
Abbildung 4.67 Sternzerstörer mit Abgasstrahl und Roto-Spline im Viewer.....	181
Abbildung 4.68 Sternzerstörer mit Abgasstrahl im Node Tree, Darstellung am Anfang und am Ende des Clips im Viewer und Einstellungen der Nodes	182
Abbildung 4.69 Backdrop-Node für Sternzerstörer und Abgasstrahl	183
Abbildung 4.70 VFX-Clip für rote Aura.....	184
Abbildung 4.71 Energieaura im Node Tree, Einstellungen der Nodes und Darstellung im Viewer	185
Abbildung 4.72 Energieaura im Node Tree mit OFlow-Node und Einstellungen der OFlow-Node	186
Abbildung 4.73 VFX-Clip für Druckwelle (zwei Beispielbilder aus dem VFX-Clip).....	187
Abbildung 4.74 Druckwelle ohne (oben) und mit Farbänderung (HueShift-Node) (unten) und Einstellungen der HueShift-Node (hue rotation).....	188
Abbildung 4.75 Druckwelle Start-Frame in Read-Node	189
Abbildung 4.76 Energieaura im Node Tree, Einstellungen der Nodes und Darstellung im Viewer	189
Abbildung 4.77 Node „CameraShake“ im Node Tree (am Ende).....	190
Abbildung 4.78 Keyframes für Amplitude der Node „CameraShake“ im „Curve Editor“	191
Abbildung 4.79 Node „CameraShake“ im Viewer (Keyframe bei Frame 1407) und Einstellungen der Node	192
Abbildung 4.80 Node „CameraShake“ im Viewer (Keyframe bei Frame 1408) und Einstellungen der Node	192
Abbildung 4.81 Node „CameraShake“ im Viewer (Keyframe bei Frame 1431) und Einstellungen der Node	193

Abbildung 4.82 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline.....	194
Abbildung 4.83 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline vor Anpassung	194
Abbildung 4.84 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline Punkte anpassen	195
Abbildung 4.85 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline Punkte am Griff angepasst	195
Abbildung 4.86 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline angepasst.....	196
Abbildung 4.87 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline: Beispiel Gruppierung von Punkten und Transformation	197
Abbildung 4.88 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node verbunden mit Viewer	197
Abbildung 4.89 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node: Output = Alpha (default).....	198
Abbildung 4.90 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node: Output = RGBA.....	198
Abbildung 4.91 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node: Output = RGBA, Farbe innerhalb der Kurve ändern.....	199
Abbildung 4.92 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node: Output = RGBA, Farbe innerhalb der Kurve ändern.....	199
Abbildung 4.93 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node verbunden im gesamten Node-Aufbau.....	200
Abbildung 4.94 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node verbunden im gesamten Node-Aufbau im Viewer	200
Abbildung 4.95 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node Einstellungen, Roto-Node nicht gelöst.....	201
Abbildung 4.96 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node Einstellungen, Roto-Node vom Rest gelöst.....	202
Abbildung 4.97 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Verbindung Clip und Roto-Node zum Viewer.....	203
Abbildung 4.98 Erstellung Lichtschwert-Effekt, links Clip (1) mit Viewer verbunden, rechts mit Roto-Node (2)	203
Abbildung 4.99 Vorgehen beim Rotoskopieren.....	204
Abbildung 4.100 Weitere erforderliche Roto-Spline	205
Abbildung 4.101 Erstellte zweite Roto-Spline.....	205
Abbildung 4.102 Zweite Spline mit gleichen Einstellungen wie die erste Spline.....	206
Abbildung 4.103 Spline nicht sichtbar (ausgeblendet) (links) und Spline sichtbar (rechts).....	206
Abbildung 4.104 Bewegungsunschärfe in Realaufnahme	207
Abbildung 4.105 Motion Blur aktiviert und angepasste Einstellungen	207
Abbildung 4.106 Lichtschwert mit Motion-Blur-Effekt.....	208
Abbildung 4.107 Beide Lichtschwerter rotoskopiert und farblich gestaltet.....	208
Abbildung 4.108 Rotes Lichtschwert im Node Tree.....	209
Abbildung 4.109 Rotes Lichtschwert (rot eingefärbter Alpha-Kanal) der Roto-Node (links), weichgezeichnet mit Blur-Node (mittig) und mit erhöhter Sättigung (rechts).....	210
Abbildung 4.110 Leuchtschein für rotes Lichtschwert (rot eingefärbter Alpha-Kanal) der Roto-Node (links), stark weichgezeichnet mit Blur-Node (mittig) und leuchtend mit Glow-Node (rechts).....	211
Abbildung 4.111 Weißer Kern für rotes Lichtschwert, einzelne Schritte und Node-Einstellungen	212

Abbildung 4.112 Darstellung der einzelnen Schritte im Viewer: erster Schritt (links), zweiter Schritt (mittig) und dritter Schritt (Ergebnis) (rechts).....	212
Abbildung 4.113 Lichtschwert-Ebenen im Node Tree und im Viewer	213
Abbildung 4.114 Nicht korrekte Reihenfolge der Lichtschwerter	214
Abbildung 4.115 Umsetzung Umschaltung der Reihenfolge der Lichtschwerter	215
Abbildung 4.116 Änderung der Reihenfolge der Lichtschwerter (oben: Switch = 1, unten: Switch = 0)	216
Abbildung 4.117 Ebene "Farbverlauf" im Node Tree und Roto-Spline für den Farbverlauf sowie Einstellungen der Roto-Node.....	217
Abbildung 4.118 Rotospline und angepasste Einstellungen der Grade-Node im Viewer, Einstellungen der Grade-Node und Vergleich mit und ohne eingefärbten Himmel im Viewer	218
Abbildung 4.119 Crop-Node im Node Tree.....	219
Abbildung 4.120 Write-Node im Node Tree	219
Abbildung 4.121 Default-Einstellungen der Write-Node und Erstellung der Ausgabe-Datei	220
Abbildung 4.122 „Colorspace“ Auswahl (links) und „File Type“ Auswahl (rechts)	221
Abbildung 4.123 „codec“ Auswahl.....	221
Abbildung 4.124 Ergebnis des Compositings, hier einzelne Bilder	223
Abbildung 4.125 Kompletter Node Tree im Node-Graph	224

Inhaltsverzeichnis

Selbstständigkeitserklärung	II
Kurzfassung	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
Tabellen - und Abbildungsverzeichnis	V
1 Motivation und Zielsetzung	1
1.1 Einleitung in die Thematik	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	1
2 Stand von Wissenschaft und Technik	2
2.1 Allgemeines	2
2.2 Technische Grundlagen	2
2.2.1 Quellen digitaler Bilddateien	2
2.2.2 Datenraten	2
2.2.3 Bildarten: Rasterbild, Vektorgrafik und fraktales Bild	3
2.2.4 Pixelseitenverhältnis	5
2.2.5 Örtliche Auflösung und Fernsehstandards	6
2.2.6 Chromatische Auflösung	10
2.2.7 Farbe und Farbräume	12
2.2.8 Komponenten und Kanäle	15
2.2.9 Videodaten	16
2.3 Compositing und visuelle Effekte	28
2.3.1 Allgemeines	28
2.3.2 2D- und 3D-Grafik	29
2.3.3 Arten von Compositing-Software	30
2.3.4 Arbeitsauflösung, Schutzbereiche und Hilfslinien	30
2.3.5 Geometrische Transformationen	32
2.3.6 Bildgestaltung/Bildkomposition	32
2.3.7 Animation	33
2.3.8 Parameterwertänderung durch Interpolation	34
2.3.9 Bewegungspfade	40
2.3.10 Expressions	41
2.3.11 Nullobjekte, Vererbung und Zusammenfassen von Ebenen	41
2.3.12 Verzerrungen	42
2.3.13 Bewegungsunschärfe	47
2.3.14 Resampling/Filtering	47
2.3.15 Digitale Filter und deren Anwendung	50
2.3.16 Übertragungsmodi zum Verknüpfen von Bildern	57
2.3.17 Maskenerstellung und Bearbeitung	74
2.3.18 Reale und virtuelle Kamera	95
2.3.19 Tracking	100
2.3.20 Licht und Beleuchtung	106
2.3.21 CG-Elemente im Compositing	111
2.3.22 Ausgabe des Projektes	114
3 Das Programm NUKE	115
3.1 Was ist NUKE?	115
3.2 Programm-Versionen und Vergleich dieser	116
3.3 Systemvoraussetzungen	117
3.4 Preise	118
3.5 Alternativen	118

3.6	Aufbau des Programms NUKE	118
3.6.1	Arbeitsumgebungen in Nuke Studio	118
3.6.2	How the Panels Link	121
3.6.3	Workspaces	123
3.6.4	Setting Preferences	125
3.6.5	Using the Compositing Environment	127
3.7	Hinweise zum Arbeiten mit den Nodes	129
3.8	Grobe Erläuterung der Nodes in NUKE	130
4	Compositing und VFX am Beispiel	134
4.1	Vorbereitungen	134
4.1.1	Ausgangsmaterial Clip	136
4.1.2	Erstellen einer Bildsequenz	137
4.2	Erstellung des Clips in NUKE	143
4.2.1	Zu beachtende Punkte	150
4.2.2	Bearbeiten des Clips (Hintergrund/Bildsequenz)	152
4.2.3	Implementierung statischer Elemente im Compositing: hier Gebäude	159
4.2.4	Implementierung statischer Elemente im Compositing: hier Planet	166
4.2.5	Implementierung statischer Elemente im Compositing: hier Todesstern	169
4.2.6	Implementierung dynamischer Elemente im Compositing: hier Rauchsäulen	173
4.2.7	Implementierung dynamischer Elemente im Compositing: hier Sternzerstörer	178
4.2.8	Implementierung dynamischer Elemente im Compositing: hier rote Aura	184
4.2.9	Implementierung dynamischer Elemente im Compositing: hier Druckwelle	187
4.2.10	Implementierung eines Camera-Shakes	190
4.2.11	Lichtschwerter kreieren	193
4.2.12	Nachträgliche Anpassungen	217
4.2.13	Ausgabe/Rendern des Clips	219
4.2.14	Ergebnis des Compositings	222
5	Zusammenfassung und Ausblick	225
	Anhang	I
	Literatur- und Quellenverzeichnis	II

1 Motivation und Zielsetzung

1.1 Einleitung in die Thematik

Der technische Fortschritt, der sich in ständig weiter entwickelter Hard- und Software sowie Kameras mit immer höherer Auflösung abbildet, führt dazu, dass die gestalterische Arbeit bei Blockbustern, TV-Serien, Werbespots und Computerspielen immer häufiger in die digitale Postproduktion verlagert wird, um harmonische, realistische und somit faszinierend wirkende Bilder zu kreieren.

Fotorealistisches digitales Compositing beinhaltet das Zusammenfügen von verschiedenen Bildanteilen (Ebenen) mit Hilfe des Computers zu einem harmonischen, glaubwürdigen Ganzen. Das Ergebnis soll üblicherweise so erscheinen, als wäre es an einem Ort, zu einer Zeit und mit nur einer Kamera aufgenommen worden. Um ein fotorealistisches Compositing zu erstellen, werden verschiedene Ebenen (statische und animierte computergenerierte Bildelemente, Screen-Aufnahmen und Aufnahmen separater Filmdrehs) nahtlos miteinander verbunden und aneinander angepasst. Die für solche Vorhaben verwendeten Programme sind aufgrund der Vielzahl an Werkzeugen, Funktionen und den sich daraus ergebenden Möglichkeiten sehr komplex.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich mit der Thematik Compositing, den visuellen Effekten sowie den Möglichkeiten und Grenzen entsprechender Software für den Einsatz an der Hochschule Anhalt. Die Erläuterungen zu den technischen Grundlagen von Bild- und Videodaten, den Grundlagen zum Compositing und visueller Effekte sollen ein Grundverständnis für die Thematik aufbauen. Sodann soll das Compositing- und Effekt-Programm „Nuke“ näher betrachtet und die Möglichkeiten des Programms anhand eines zu erstellenden Beispiel-Clips exemplarisch dargestellt und bewertet werden. Diese Arbeit ist an jene Personen adressiert, die sich erstmals mit dem Thema Compositing und visuelle Effekte auseinandersetzen und mit dem Programm „Nuke“ arbeiten. Diese Arbeit ist insofern auch als Leitfaden/Handbuch für die ersten Compositing-Schritte zu verstehen.

2 Stand von Wissenschaft und Technik

2.1 Allgemeines

Auch wenn sich Hilfsmittel, Verfahren und Techniken für die digitale Postproduktion stetig weiterentwickeln und dem Bearbeiter dadurch immer mehr Umsetzungsmöglichkeiten zur Erstellung eines digitalen Compositings bieten, so setzt die kreative und gestalterische (digitale) Compositing-Arbeit ein profundes Wissen über Bild- und Videodateien sowie über die Grundlagen zur Thematik Compositing und visuelle Effekte voraus, das in diesem Teil der Arbeit dargestellt wird.

2.2 Technische Grundlagen

Nachfolgend werden die wichtigsten technischen Grundlagen für das Verständnis der Thematik Compositing und VFX erläutert. Hierbei stehen technischen Grundlagen, wie Informationen zu digitalen Bild- und Videodateien, Fernsehnormen und -Standards, Auflösungen, Farbräume, Komponenten und Kanäle sowie Videodateien im Vordergrund. Informationen zum analogen Film, dem dazugehörigen Material und dessen Filmformate werden hier nicht ausgeführt, da sich die vorliegende Arbeit auf digitales Material fokussiert¹. Der sichere Umgang mit digitalen Bilddateien für digitales Compositing gehört für den Compositor und seine gestalterische Arbeit zum benötigten Grundwissen.

2.2.1 Quellen digitaler Bilddateien

Für digitale Bilddateien gibt es zwei Quellen: Originär digital entstandenes Material (von digitaler Kamera oder CG Bild) und digitalisiertes bzw. abgetastetes oder gescanntes analoges Material. Computergenerierte Bilder können neben dem Bildinhalt auch weitere Informationen enthalten, wie z.B. zur Regelung der Transparenz oder der Tiefe.

2.2.2 Datenraten

Die zur Speicherung einer Videodatei notwendige Bitzahl wird als Datenrate bezeichnet. Verschiedene digitale Bild- und Videoformate benötigen aufgrund unterschiedlicher Auflösung (horizontal und vertikal), Farbtiefe und Bildwechselgeschwindigkeit (engl.: *frame-rate*) unterschiedliche Datenraten. Bei hochauflösenden Bildsequenzen werden somit auch entsprechend hohe Datenraten benötigt. [DUM10]

Auf die einzelnen Punkte wird später genauer eingegangen.

	Auflösung	Framerate	Abtastformat	Farbtiefe	Datenrate
SD/CCIR	720 x 576	25 fps	4:2:2	10 Bit	26 MB/s
HD-Beispiel	1920 x 1080	24 fps	4:4:4	12 Bit	255 MB/s
4K	4096 x 2160	24 fps	4:4:4	14 Bit	1055 MB/s

Tabelle 2.1 Vergleich einiger Videoformate

¹ Nähere Informationen zum mittlerweile fast vollständig vom digitalen Material verdrängten analogen Film können in der Literatur „Compositing Visual Effects“ von Steve Wright, „Das montierte Bild“ von Juliane Dummler und „The Art and Science of Digital Compositing“ von Ron Brinkmann nachgelesen werden.

2.2.3 Bildarten: Rasterbild, Vektorgrafik und fraktales Bild

Rasterbild, Vektorgrafiken und fraktale Bilder nutzen unterschiedliche Konzepte digitaler Beschreibung und Speicherung der visuellen Informationen, mit denen ein Compositor arbeitet, wobei zum Großteil mit Rasterbildern gearbeitet wird.

Rasterbild

Das Rasterbild (auch Pixelgrafik, Bitmap oder Pixmap genannt) hat die Einheit Pixel. Der Pixel² ist der einzige Bestandteil und das kleinste definierbare Detail eines solchen Bildes. Typische Formate sind: BMP, GIF, JPEG, TIFF, TARGA und PNG³. Im DI- und VFX-Bereich sind die Formate EXT, DPX und Cineon gebräuchlich. Der Bildaufbau eines Rasterbildes erfolgt durch Anordnung der Pixel in Folge von mehreren Reihen. Die Pixel werden also wie Kacheln in einem Raster bzw. einer Matrix angeordnet. Die Breite der Zeile entspricht der Bildbreite und die Anzahl der Zeilen der Bildhöhe. Die Vorteile der Rastergrafik sind zum einen die leichte und schnelle Berechnung aufgrund der einfachen Unterteilung und zum anderen sind viele Farbabstufungen möglich, wenn eine hohe Anzahl von Pixeln vorhanden ist. Somit kann Fotorealismus erzeugt werden, was unter anderem der Grund dafür ist, dass sämtliches abgetastetes Filmmaterial und digitales Videomaterial aus pixelbasierenden Rasterbildern besteht. Wenn mehr Details im Bild dargestellt werden sollen, werden mehr Pixel benötigt und aufgrund der höheren Pixelanzahl wird das Bild schärfer (Schrägen und Rundungen sind dann nicht mehr so stufig). [DUM10]



Abbildung 2.1 Beispiel Rasterbild

² Oft abgekürzt als px und ist Abkürzung des englischen Begriffs *Picture Element*

³ BMP: Rastergrafikformat der Firma Microsoft, GIF: Graphics Interchange Format, JPEG: Joint Photographic Experts Group, TIFF: Tagged Image File Format, PNG: Portable Network Graphics

Vektorgrafik

Die Vektorgrafik ist ein am Computer generiertes Bild, das durch das Zusammenfügen von geometrischen Grundformen (z.B. Linien, Kreise, Polygonen) entsteht und grafisch dargestellt wird. Zur Darstellung können Form, Position, Farbe, Strichstärke, Füllmuster etc. verwendet werden. Der Vorteil von Vektorgrafiken ist die Auflösungsunabhängigkeit (es gibt auch bei hohem Zoomfaktor keine Aliasing-Probleme) sowie die Unabhängigkeit des Speicherbedarfs von der Bildauflösung und vorherrschenden Farbanzahl unabhängig ist. Mittlerweile können sogar fotorealistische und weiterhin skalierbare und veränderbare Ergebnisse mit Hilfe Anti-Aliasing Effekten, feinen Farbverläufen und Transparenzen erzeugt werden. Compositing-Programme bieten hierzu entsprechende Module an. Vektorgrafiken müssen jedoch vor der Ausgabe in Rasterbilder umgerechnet (rasterisiert) werden. Sollen Rastergrafiken vektorisiert werden, geschieht dies durch Nachzeichnen, welches durch spezielle Funktionen in Vektorprogrammen erleichtert wird. [DUM10]



Abbildung 2.2 Beispiel Vektorgrafik: oben Originalbild, unten Vektorgrafik

Fraktale Bilder

Fraktale Bilder werden durch einen Enkodierungsprozess, bei dem Bildbereiche verglichen und anschließend beliebig gespiegelt und verzerrt werden können, erstellt. Der Gedanke hierfür beruht darauf, dass ein festgelegtes Muster mathematisch erfasst und dann detailliert visuell beschrieben wird. Auch hier hat man den Vorteil, dass in diesem Format (engl.: FIF: Fractal Image Format) auch beim Hineinzoomen kein Aliasing-Effekt auftritt. [DUM10]

Auch wenn diese Art der grafischen Darstellung selten Verwendung findet, bieten viele Compositing-Programme entsprechende Filter (z.B. „Mandelbrot“) zur Erstellung fraktaler Bilder an.

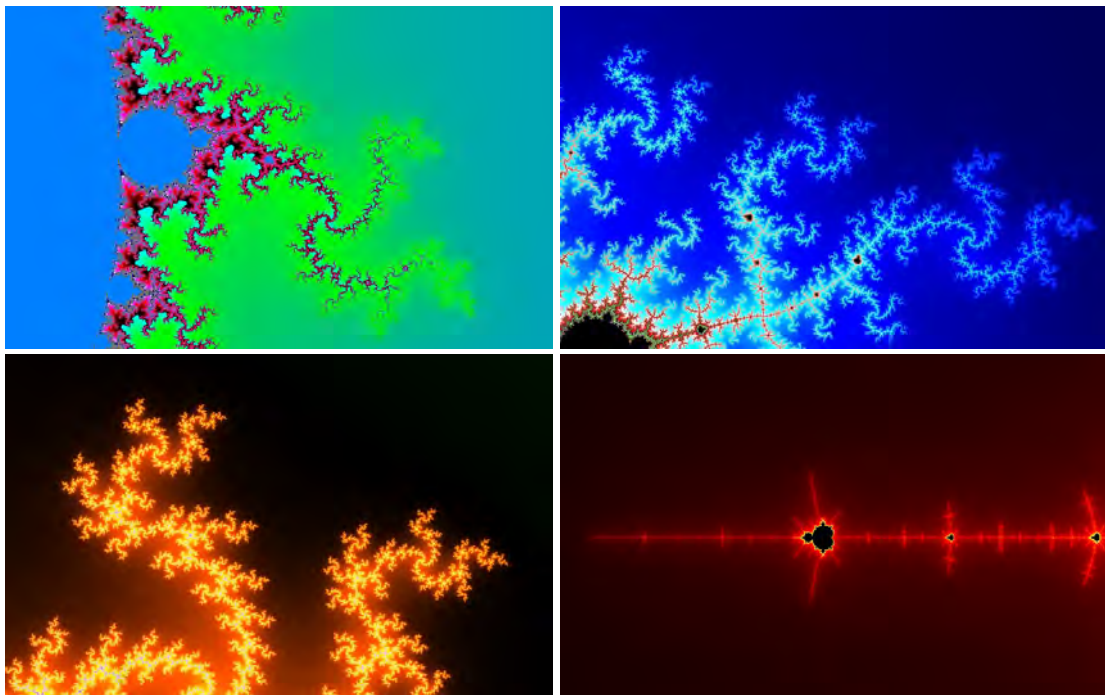


Abbildung 2.3 Beispiele Fraktale Bilder

Für die hier gezeigten Beispiele wurde das Programm von www.fractalizer.de verwendet.

2.2.4 Pixelseitenverhältnis⁴

Neben dem Seitenverhältnis zur Darstellung von Videobildern, worauf später eingegangen wird, existiert auch das Pixelseitenverhältnis, welches das Verhältnis der Breite zur Höhe des Pixels⁵ beschreibt und in Form eines Quotienten angegeben wird.

Dieses ist relevant für die Darstellung auf verschiedenen Monitoren⁶ und kann zu Problemen bei der Darstellung führen. So verwenden Computermonitore und HD-Fernseher (und TFT-, Plasma- sowie OLED-Displays) quadratische Pixel (Pixelseitenverhältnis [PAR] = 1), alte Fernsehgeräte hingegen nicht-quadratische Pixel. [DUM10]

Bei der Bearbeitung ist zu beachten, dass aufgrund des unterschiedlichen Pixelseitenverhältnisses von verschiedenen Materialien (Computergeneriertes oder gescanntes Material und HD-Material werden mit quadratischen Pixeln dargestellt, SD-

⁴ Engl.: Pixel Aspect Ratio (PAR)

⁵ Kleinster Baustein eines SD-Videobildes bzw. eines digitalen Bildes (auch Bildpunkt genannt)

⁶ Pixel werden auf unterschiedliche Weise auf verschiedenen Ausgabegeräten angezeigt.

Video-Material mit nicht-quadratischen), eine Synchronisation durchzuführen ist, wenn man die verschiedenen Materialien miteinander mischt.

Auch ist zu beachten, dass die Darstellung von Videobildern, PAL und NTSC auf einem Computermonitor⁷ (z.B. Workstation des Bearbeiters) aufgrund der unterschiedlichen PARs zu einer verzerrten Darstellung führt. Insbesondere beim Einsatz von räumlichen Operatoren (z.B. Unschärfefilter oder Rotationen) wird deren Wirkung im Ergebnisbild nicht korrekt angezeigt.

Darum werden SD-Videobilder, sofern sie denn überhaupt noch verwendet werden, vor der Weiterverarbeitung so skaliert (entstaucht), dass sie auf einem Computermonitor unverzerrt aussehen und sich problemlos mit Bildelementen kombinieren lassen, die in quadratischen Pixeln vorliegen. Nach der Bearbeitung kann das Bild dann wieder umskaliert (gestaucht) werden, um die Videobilder in dem geforderten Seitenverhältnis (abhängig von der Norm PAL oder NTSC) korrekt darzustellen zu können. Anschließend erfolgt dann das Rendern und die Bildausgabe. [DUM10]

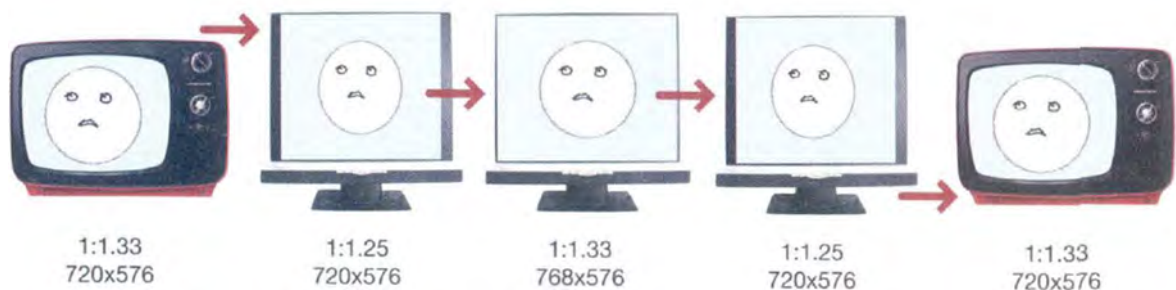


Abbildung 2.4 Umwandlung PAR von SD-Videomaterial nach EBU/Gerber-Norm [DUM10]

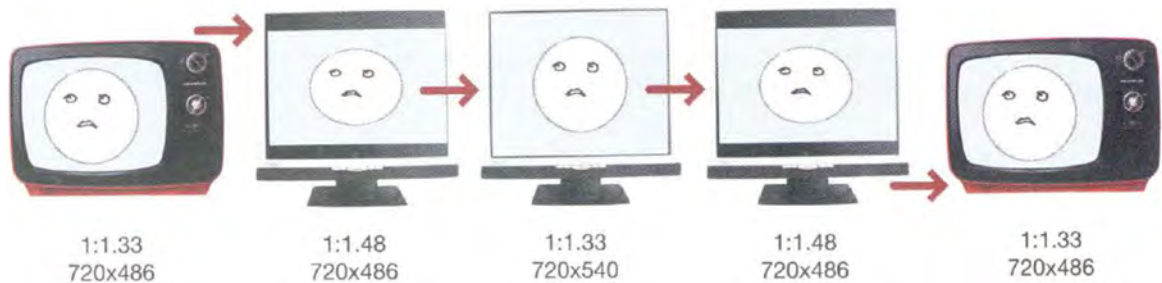


Abbildung 2.5 Umwandlung PAR von SD-Videomaterial nach USA-Norm [DUM10]

2.2.5 Örtliche Auflösung und Fernsehstandards

Die örtliche Auflösung beschreibt die horizontale und vertikale Auflösung einer digitalen Bilddatei und somit die Menge der Pixel.

Die Pixelanzahl lässt sich durch den Bildaufbau in einem Raster einfach erfassen. Eine Erhöhung der Pixel im Bild und somit die Erhöhung der Auflösung, wodurch die abbildbaren Details im Bild erhöht und die Schärfe verbessert werden, geht einher mit einem exponentiell steigenden Speicherplatzbedarf. Somit muss zwischen Qualität eines Projektes und Geschwindigkeit, Kapazität und Kostenfaktor abgewägt werden. [DUM10]

⁷ Quadratische Darstellung der Pixel

Mit der örtlichen Auflösung ist jedoch nicht die Bildgröße, welche die räumliche Ausdehnung (Größe) darstellt gemeint, sondern die Qualität des Bildes aufgrund der Pixelanzahl.

Bei Videobildern gibt es zwei grundsätzliche Gruppen von örtlichen Auflösungen, die sogenannten „Definitions“, welche in den Publikationen des Instituts für Rundfunktechnik und den Empfehlungen und Standards der International Telecommunication Union (ITU) und somit den **internationalen Fernsehnormen** zu finden sind. Grundsätzlich wird durch eine Fernsehnorm eine Zeilenanzahl und eine Bildwiederholfrequenz (Geschwindigkeit des Wechsels zwischen Voll- oder Halbbildern) sowie ein bestimmtes Farbkodierverfahren beschrieben.

Anhand folgender Richtwerte können die Definitions und Standards sowie die entsprechenden Formate grob unterscheiden werden:

So gibt es den herkömmlichen und mittlerweile fast komplett veralteten Fernsehstandard **Standard Definition (SD)**.

Hierfür gibt es zwei Fernsehstandards weltweit, einen nach **EBU-/Gerber-Norm** (PAL, bzw. ITU-R Standard) und einen nach **USA-Norm** (NTSC⁸). Beide Standards zeigen nicht-quadratische Pixel an, haben in der Regel ein Bildseitenverhältnis von 16:9, sonst 4:3⁹ und arbeiten im Interlaced-Modus (wird unter 2.2.9 Videodaten näher beschrieben).

Die EBU-/Gerber-Norm hat eine örtliche Auflösung von 720x576 Pixel (720 Pixel pro Zeile und 625 Zeilen pro Bild [Frame], wovon jedoch nur 576 sichtbar sind). Hier wird eine zeitliche Auflösung (Bildwiederholrate, wird unter 2.2.9 näher erläutert) von 25 Frames pro Sekunde verwendet.

Die USA-Norm hat eine örtliche Auflösung von 720x486 Pixel (720 Pixel pro Zeile und 525 Zeilen pro Bild [Frame], wovon jedoch nur 486 sichtbar sind). Hier wird eine zeitliche Auflösung von 29,97 Frames pro Sekunde verwendet.

SD findet z.B. bei DVDs Verwendung.

Daneben gibt es Standard **High Definition (HD)**, der hochauflösende elektronische bzw. Video-Bilder bezeichnet, welche jedoch alle höher als SD aufgelöst sind. Hier gibt es einige unterschiedliche Formate bzw. Auflösungen und leider auch uneinheitlich genutzte Bezeichnungen. Für HD gibt es somit verschiedene Standards, welche meist ein Bildseitenverhältnis von 16:9 haben. Aktuell sind HD-Auflösungen von 1920 x 1080 Pixel (**Full-HD**) und 1280 x 720 Pixel (allgemein als **HD ready** bezeichnet). Das Seitenverhältnis ist hier 16:9. Full-HD wird fälschlicherweise auch manchmal als 2K bezeichnet. **2K** hat eine Auflösung von 2048 x 1556 Pixel und wird von „Digitalen Kinos“ (DCI) und somit von deren digitalen Kinokameras verwendet.

Ultra High Definition (UHD), manchmal auch als Quad High Definition (QHD) bezeichnet, ist das Nachfolgeformat von Full-HD mit einer Auflösung von 3840 x 2160 Pixel (viermal so

⁸ In Nordamerika wurde NTSC 2009 durch bei terrestrischen Fernsehausstrahlungen durch ATSC (Verfahren für digitales Fernsehen) ersetzt.

⁹ Die korrekte Wiedergabe von Sendungen bezogen auf das Bildseitenverhältnis auf TV-Geräten (16:9, heutiger Standard) wird durch die von den Rundfunkanstalten mit ausgestrahlte Information über das Bildseitenverhältnis (sogenannte WSS-Daten) unterstützt. Dadurch kann im Fernsehgerät eine automatische Formatumschaltung erfolgen, so dass die neben der standardisierten 16:9 Ausstrahlung auch analoge Empfangswege empfangen und dargestellt werden können (diese werden dann selbstständig vergrößert).

viel Pixel wie Full-HD und zwanzigmal so viel wie SD). Das Seitenverhältnis ist auch hier 16:9. Immer mehr Fernsehgeräte und Videokameras mit UHD sind auf dem Markt verfügbar und auch entsprechende Inhalte werden immer häufiger (hauptsächlich von Streaming-Diensten) angeboten. Fernseher, Monitore oder Beamer, die den UHD-Standard unterstützen, liefern also ein deutlich schärferes Bild als bisherige Fernseher.

Der große Vorteil ist, dass der Abstand zum Fernseher selbst bei überdimensionalen Größen (über 60 Zoll / 150 cm Bildschirmdiagonale) kaum vergrößert werden muss, d.h. selbst bei geringen Distanzen zum Fernseher sind kaum Pixel erkennbar. [ABC05]

Auch bei UHD und **4K** gibt es teilweise eine falsche Nutzung der Bezeichnungen. 4K hat eine Auflösung von 4096 x 2160 Pixel und wird wie 2K von Digitalen Kinos verwendet. Das Seitenverhältnis von 2K ist etwas mehr als 17:9 und wird durch "cropping", also das Wegschneiden von Pixeln, auf das heute typische Seitenverhältnis von etwa 21:9 gebracht.

Die Verwirrung bei UHD und 4K kommt daher, dass 4K schon seit einigen Jahren als Bezeichnung für das hochauflösende Videoformat (in der Postproduktion und für Digitale Kinos) verwendet wird. Erst Mitte Oktober 2012 hat die Consumer Electronics Association bzw. die Internationale Fernmeldeunion (ITU) den offiziellen Namen Ultra High Definition festgelegt. Neben einer Mindestauflösung von 8 Millionen Pixel (4 mal so viele Pixel wie aktuelle Full-HD-Fernseher) müssen UHD-Fernseher über Anschlüsse verfügen, die auch entsprechende Inhalte übertragen können. Dazu zählen etwa HDMI 2.0 und DisplayPort 1.2. [ABC05]

HD-TV wurde zusammen mit dem H.264-Codec eingeführt. Typische Codecs für UHD- und 4K-Videos sind High Efficiency Video Codec (HEVC), wie der H.265-Codec.

Neben 4K gibt es auch noch **8K**, welches auch umgangssprachlich Super Hi-Vision (SHV) genannt wird, das 16 mal so fein auflöst ist wie Full-HD (und 80 mal so fein aufgelöst wie SD), d.h. eine Auflösung von 7680 x 4320 Pixel hat. Es hat ebenfalls ein Seitenverhältnis von 16:9. Dieselbe Auflösung ist auch für UHD2 vorgesehen.

Bei einfachen VFX-Arbeiten wird meistens mit einer 2K-Auflösung und bei großen/aufwendigen Kinofilmen (VFX-Blockbuster) mit einer 4K-Auflösung gearbeitet und auch die Nutzung von 8K-Kameras sowie deren Verfügbarkeit nimmt immer weiter zu, z.B. bei sehr aufwendigen Kinofilmen.

Die Arbeit mit einer hohen örtlichen Auflösung hat den Vorteil, dass bei der Bearbeitung entstandene Qualitätseinbußen kompensiert werden können.

Der weitere Trend geht (nach 8K) allerdings weg von steigender Auflösung hin zu erweitertem Farbraum, höherer Dynamik (Kontrastumfang) und höherer Framerate, um die Bildqualität zu erhöhen.

Die folgende Abbildung soll einen Überblick über die Standards und genutzten Formate verschaffen.

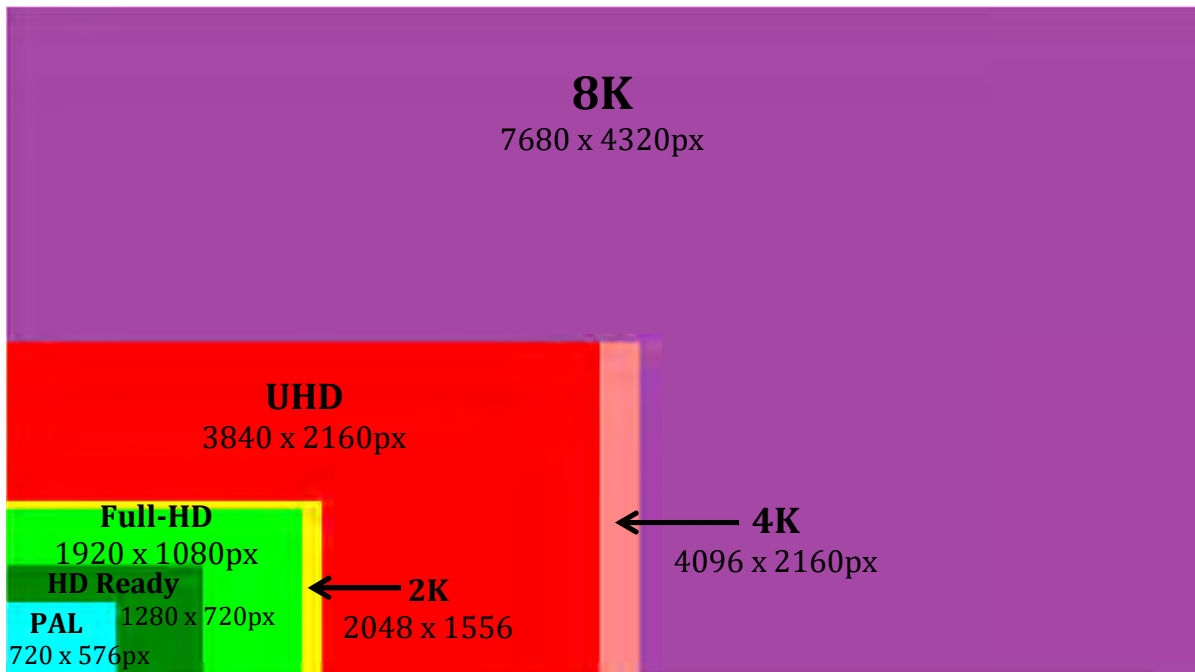


Abbildung 2.6 Übersicht verschiedener örtlicher Auflösungen

Die nachfolgende Abbildung zeigt die örtlichen Auflösungen im Programm NUKE, die man für ein Projekt auswählen kann.

<input type="checkbox"/>	PC_Video	640x480
<input type="checkbox"/>	NTSC	720x486 0.91
<input type="checkbox"/>	PAL	720x576 1.09
<input type="checkbox"/>	NTSC_16:9	720x486 1.21
<input type="checkbox"/>	PAL_16:9	720x576 1.46
<input type="checkbox"/>	HD_720	1280x720
<input type="checkbox"/>	HD_1080	1920x1080
<input type="checkbox"/>	UHD_4K	3840x2160
<input type="checkbox"/>	1K_Super_35(full-ap)	1024x778
<input type="checkbox"/>	1K_Cinemascope	914x778 2
<input type="checkbox"/>	2K_Super_35(full-ap)	2048x1556
<input type="checkbox"/>	2K_Cinemascope	1828x1556 2
<input type="checkbox"/>	2K_DCP	2048x1080
<input type="checkbox"/>	4K_Super_35(full-ap)	4096x3112
<input type="checkbox"/>	4K_Cinemascope	3656x3112 2
<input type="checkbox"/>	4K_DCP	4096x2160
<input type="checkbox"/>	square_256	256x256
<input type="checkbox"/>	square_512	512x512
<input type="checkbox"/>	square_1K	1024x1024
<input type="checkbox"/>	square_2K	2048x2048

Abbildung 2.7 Übersicht auswählbarer örtlicher Auflösungen für ein Projekt im Programm NUKE

2.2.6 Chromatische Auflösung

Die chromatische Auflösung, auch dynamische Auflösung oder Farbtiefe genannt, kennzeichnet die Anzahl der möglichen Farben einer digitalen Bilddatei.

Jedem Pixel in einer Bilddatei wird eine bestimmte Farbe zugeordnet und je mehr Farben für die Pixel zur Verfügung stehen, desto höher sind die Farbtiefe und der Speicherbedarf der Datei.

So hat das SD-Material traditionell 8-Bit pro Kanal. Seit Einführung von digitalen Bandformaten sind auch 10-Bit pro Kanal möglich. Jedoch ist HD im TV-Bereich (auch mit 8-Bit pro Kanal) omnipräsent und SD wird immer mehr von den HD-Sendern abgelöst. 10-Bit pro Kanal ist auch in Verbindung mit UHD und 4K zu sehen.

Als veranschaulichendes Beispiel soll hier ein Foto des Verfassers in verschiedenen chromatischen Auflösungen dienen.



Abbildung 2.8 Bild mit 2 Farben (1 Bit)



Abbildung 2.9 Bild mit 16 Farben (4 Bit)



Abbildung 2.10 Bild mit 256 Farben (8 Bit)



Abbildung 2.11 Bild mit 16.777.216 Farben (24 Bit)

Bit	Anzahl der Farben
1	schwarz/weiß ¹⁰
4	16 Farben
8	256 Farben
16	65.536 Farben
24	16.777.216 Farben
32	16,7 Millionen Farben plus 8-Bit-Graustufen-Maske (Alpha-Kanal)

Tabelle 2.2 Übersicht Bit/Anzahl Farben

¹⁰ Auch monochrom bezeichnet. Ein monochromes Bild besteht aus einer Farbe und der Abwesenheit der Farbe.

2.2.7 Farbe und Farbräume

In der digitalen Bildbearbeitung und somit auch für die Postproduktion ist Farbe ein wichtiger Bestandteil und auch Gestaltungsmittel. Farbe ist durch das menschliche Auge vermittelter Sinneseindruck, also eine Empfindung (das was der Betrachter sieht). Generell soll die Farbdarstellung der menschlichen Wahrnehmung so nachempfunden werden, dass für den Betrachter keine wichtigen Informationen verloren gehen.

Farbmischung

Bevor auf die verschiedenen Farbraumarten eingegangen wird, seien hier kurz Grundsätze der Farbmischung erwähnt, da diese für die unterschiedlichen Farbräume relevant sind.

„Farbmischung ermöglicht es, anhand der Mischung der wenigen Grund- bzw. Primärfarben eine hohe Anzahl von Farben und Farbschattierungen zu erzeugen. Jede Art von Farbproduktion legt ein Farbmischungskonzept zugrunde. Je nachdem, ob farbiges Licht oder Körperfarben zu Grunde gelegt werden, wird zwischen additiver und subtraktiver Farbmischung unterschieden.“ [DUM10]

- **Additive Farbmischung**

Die additive Farbmischung beschreibt die Mischung der Lichtfarben (Selbstleuchter) Rot, Grün und Blau und wurde der Funktionsweise des menschlichen Auges nachgebildet. Werden diese Primärfarben vermischt, entstehen die Sekundärfarben. Bei dieser Farbmischung werden die Farben durch Mischung (mehr Licht) heller und Schwarz wird als Hintergrundfarbe vorausgesetzt. Eine Mischung aller Primärfarben ergibt Weiß. Bei der additiven Farbmischung büßt die Farbe bei Mischung an Sättigung ein. Fernsehbildschirme und Computermonitore funktionieren nach diesem Prinzip, wodurch dieses für die digitale Bildbearbeitung von besonderer Bedeutung ist.

- **Subtraktive Farbmischung**

Die subtraktive Farbmischung beschreibt die (materielle) Mischung der Körperfarben (Farbsubstanzen bzw. Farbpigmente). Durch die Mischung der Primärfarben, hier Cyan, Magenta und Gelb, werden die Sekundärfarben dunkler. Eine Mischung aller Primärfarben ergibt Schwarz¹¹. Bei der subtraktiven Farbmischung wird die Sättigung der Farbe bei Mischung erhöht. Verwendung findet dieses Prinzip im Druck.

¹¹ Schwarz als Farbe wird oft zusätzlich ergänzt, da die Mischung aus den Primärfarben meist nicht stark genug ist (verunreinigt wirkt).

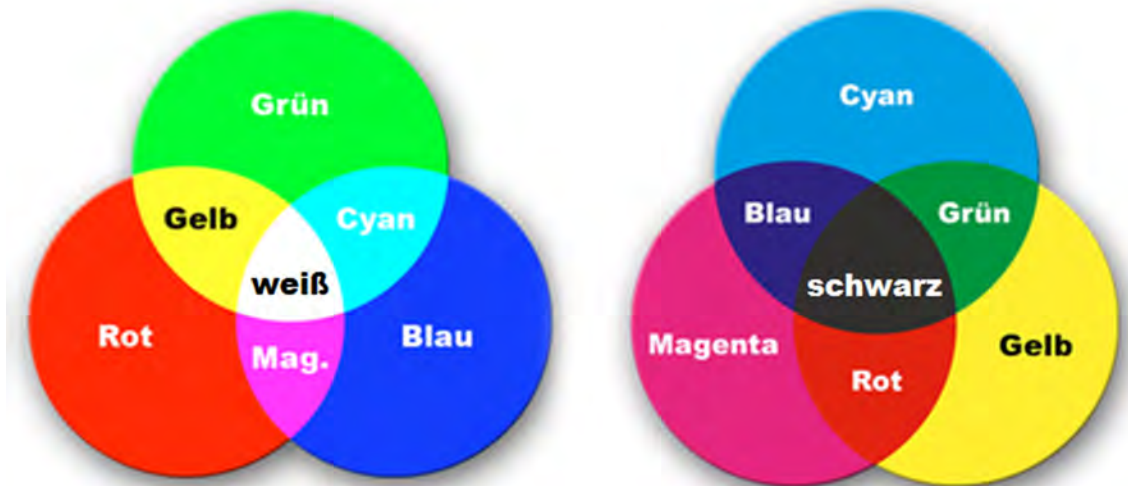


Abbildung 2.12 Additive Farbmischung (links), subtraktive Farbmischung (rechts) [ABC06]

Farbraumarten

Für die digitale Bildbearbeitung existieren neben den zahlreichen Bildformaten auch viele verschiedene Darstellungsformen von Farbinformation, die den jeweiligen Anforderungen der einzelnen Anwendungsarten angepasst sind.

Grundsätzlich gibt es zwei Farbraumarten, den geräteunabhängigen und den geräteabhängigen Farbraum¹², welche festlegen, wie Farbräume überhaupt beschrieben werden können und welche Farben in ihnen vorhanden sind. [DUM10]

- **Geräteunabhängige Farbräume**¹³

Diese Farbräume werden auch als wahrnehmungsorientierte Farbräume bezeichnet, denn sie beschreiben die Farben anhand ihres physikalischen Werts (elektromagnetischer Wellenlänge) und enthalten alle Farben, die der Mensch wahrnehmen kann.

Zu diesen Farbräumen zählen u.a. der CIE-XYZ-, CIE-Luv- oder CIE-Lab-Farbraum. Die Farbräume CIE-Luv- oder CIE-Lab sind Varianten des CIE-XYZ-Farbraums und wurden entwickelt, um einer Forderung nach Einheitlichkeit nachzukommen¹⁴. Sie verfügen über einen empfindungsgetreuen Farbabstand innerhalb unterschiedlicher Koordinatensysteme. Ein häufig genutzter Farbraum für das Messen reflektiver und transmissiver Objekte ist der CIE-Lab, CIE-Luv wird oft für die Messung emissiver Objekte verwendet. [DUM10]

Für weitere und detaillierte Informationen zu den Farbräumen und deren Herleitungen wird auf das Buch „Das montierte Bild“ von Juliane Dummler verwiesen. [DUM10]

¹² Farbraum ≠ Gamut. Die Bezeichnung Gamut beschreibt die Untermenge an Farbe, welche ein bestimmtes Gerät anzeigen kann.

¹³ Sie basieren auf dem sog. CIE-Normalvalenzsystem, einer Studie, welche die menschliche Farbwahrnehmung betrachtet.

¹⁴ Der CIE-Luv-Farbraum wurde 1960 und der CIE-Lab-Farbraum 1976 durch die CIE (Commission Internationale d'Éclairage) eingeführt.

- **Geräteabhängige Farbräume**

Ein geräteabhängiger Farbraum (auch Arbeitsfarbraum genannt), wird durch die Untermenge an Farben, die ein bestimmtes Gerät darstellen kann (dem Gamut) festgelegt. Folglich unterscheiden sie sich abhängig von dem genutzten Gerät. Es ist daher notwendig, die Farben mit Hilfe eines Farbmanagement-Systems zu verwalten. Damit wird gewährleistet, dass die Farben bei den jeweiligen Arbeitsschritten (Workflow) farbecht betrachtet werden können. [DUM10]

Die wichtigsten gerätebezogenen Farbräume sind:

- **RGB-Farbraum**

Der RGB-Farbraum ist ein additiver Farbraum, der durch das additive Mischen der drei Grundfarben **Rot**, **Grün** und **Blau** die Farbwahrnehmungen nachbildet¹⁵.

Es ist das am häufigsten verwendete Modell zur Darstellung und Beschreibung von Farben in der Bild- und Videobearbeitung aufgrund der herangezogenen Hardware, da selbstleuchtende Ausgabegeräte wie Bildschirme¹⁶ mit diesem Farbraum arbeiten. Neben diesen Ausgabegeräten basieren auch elektronische Aufnahmegeräte (Scanner, Digitalkameras und Videokameras) auf diesem Farbmodell.

Da trotz (numerischer) Definition einer Farbe (durch die drei Farbwerte im RGB-Farbraum) die Wahrnehmung bzw. Farbwirkung aufgrund der jeweiligen Hardware nicht absolut bestimmt ist, wird ein Farbmanagement benötigt, um vorhersagbare Farbe zu erhalten. D.h. es werden Farbprofile verwendet, die das Aussehen der Farben beschreiben und diese für verschiedene Geräte berechenbar machen. [DUM10]

- **Standard RGB (sRGB)-Farbraum**

Dieser Farbraum erleichtert den Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Geräten insofern, als durch die Nutzung eigener integrierter Profile keine Umrechnung in die CIE-Farbräume erforderlich ist. Viele Digitalkameras und andere Geräte sind schon mit diesem Farbraum vordefiniert. Ein weiterer Unterschied zum RGB-Farbraum ist, dass der Farbraum bei sRGB kleiner ist und dadurch eine geringere Farbanzahl hat. [DUM10]

- **YUV-Farbraum**

Dieser Farbraum findet beim analogen Fernsehen Verwendung und nutzt zur Darstellung der Farbinformation die Komponenten Luminanz und Chrominanz¹⁷. Fälschlicherweise wird oft von einem YUV-Signal gesprochen, wenn tatsächlich YPbPr (für analoge Darstellung) oder YCbCr (für digitale Darstellung) gemeint ist.

¹⁵ Die jeweilige Pixelfarbe eines RGB-Bildes besteht somit aus einem roten, einem grünen und einem blauen Farbanteil in bestimmter Intensität und durch Überlagerung dieser Farben (Grundfarben) wird durch additive Farbmischung die Farbe erzeugt.

¹⁶ Egal ob Plasma- oder Kathodenstrahl-Monitor.

¹⁷ Chrominanz besteht aus zwei Unterkomponenten und diese enthalten die Farbinformation.

- HSV¹⁸-Farbraum

Dieser Farbraum wird für viele Farbmodelle genutzt. Die Farbe wird mit Hilfe des Farbtons, der Sättigung und dem Grauwert definiert.

Dass dieser Farbraum der menschlichen Wahrnehmung ähnelt, ist einer seiner Vorteile. Ein anderer ist die leichte Bestimmbarkeit der Farbe. Dies geschieht durch die Wahl eines Farbtons und anschließender Festlegung der Sättigung und Helligkeit.

Ähnliche Farbmodelle sind der HSL-Farbraum (Verwendung der relativen Helligkeit anstelle des Grauwerts; L für *Lightness*), der HSB-Farbraum (Nutzung der absoluten Helligkeit; B für *Brightness*) und der HSI-Farbraum (Verwendung der Lichtintensität; I für *Intensity*). [DUM10]

2.2.8 Komponenten und Kanäle

Ein RGB-Bild besteht aus drei Kanälen für die jeweilige Grundfarbe, in denen die roten, grünen und blauen Informationen für alle Pixel des Bildes abgespeichert sind. Die separate Darstellung der drei Kanäle ist monochrom. Erst wenn die drei Kanäle miteinander kombiniert werden, entsteht die Farbe und somit das RGB-Bild.



Abbildung 2.13 Originalbild (oben) , R-Kanal (links), G-Kanal (rechts) und B-Kanal (unten)

¹⁸ HSV ist die Abkürzung der englischen Begriffe der zur Definition benötigten Komponenten Farbton (hue), Sättigung (saturation) und Grauwert/Hellwert (value).

Durch die Aufteilung der Farbinformationen in RGB-Kanäle hat der Bearbeiter viele Möglichkeiten, die Farbinformationen durch den Zugriff auf die drei Kanäle zu bearbeiten/ verändern. Da ein digitales Bild aus drei Kanälen besteht, bedeutet z.B. die Bezeichnung 8 Bit hier, dass das Bild 8 Bit pro Kanal¹⁹ hat. Daraus resultiert weiter, dass über 16,8 Mio. Farben darstellbar sind. Bei einem 16 Bit-Bild sind das bereits 65.536 mögliche Farbabstufungen pro Kanal und es ergibt sich eine Gesamtzahl von ca. 281 Billionen Farben.²⁰

Arbeiten mit verschiedenen Bittiefen

Bei der Postproduktion wird oft mit unterschiedlichen Bittiefen gearbeitet. Dadurch können die Möglichkeiten in der Bildnachbearbeitung verbessert werden, wobei eine Erhöhung der Bittiefe mit einem größeren Speicherplatzbedarf und höherem Rechenaufwand verbunden ist²¹. Die Umformatierung in einen Farbraum mit höherer Bittiefe ermöglicht es, die Anzahl der Farben für einen bestimmten Arbeitsschritt auszudehnen und zu erhöhen. Das kann für bestimmte Anwendungen, bei denen intensiv mit dem Farbraum gearbeitet wird, wie z.B. bei Keying und der Farbkorrektur sehr hilfreich sein. Nach erfolgter Bearbeitung besteht die Möglichkeit die Bittiefe wieder zu verringern, um weniger Speicherplatz zu belegen. Auch besteht die Möglichkeit, mit Fließpunktzahlen zu arbeiten, wenn die entsprechende Applikation dieses erlaubt. Der Vorteil hier ist, dass die Anzahl der Abstufungen, durch die der Farbbereich in Zwischentöne unterteilt wird, um ein Vielfaches größer ist. [DUM10]

2.2.9 Videodaten

Videoarten

Die Anzahl an unterschiedlichen Videosignalen ist groß. Generell wird zwischen **Komponenten-(Component)** und **FBAS-Signal (composite)** unterschieden, die es jeweils in analogen und digitalen Versionen gibt. Übertragen werden die verschiedenen Videosignale über unterschiedliche Anschlüsse²². [DUM10]

Aufgrund der Unterteilung in drei Teilsignale lässt sich mit dem Komponentensignal die bestmögliche Qualität erreichen. Das FBAS-Signal hingegen ist qualitativ schlechter als das Komponentensignal. Generell kann angemerkt werden, dass SD-Material für Compositing- und VFX-Arbeiten (aufgrund der geringeren örtlichen sowie chromatischen Auflösung und Komprimierungsverfahren) ungeeignet ist. In Abhängigkeit von der geplanten Bearbeitung des Materials (einfachste Anwendungen oder komplexe Effekte) und des gewünschten Ausgabeformats sowie Verwertungsziel (Web, Fernsehen, Kino, BluRay, DVD) ist das Videoformat entsprechend zu wählen.

Zeitliche Auflösung – Geschwindigkeit

Die zeitliche Auflösung beschreibt die Anzahl der Einzelbilder pro Zeiteinheit (im Film-, Fernseh- und Computerbereich ist die Zeiteinheit 1sec), die aufgezeichnet, gespeichert oder dargestellt werden. Die Einheit hierfür ist fps (engl.: Frames Per Second²³). Die US-

¹⁹ Bei einem 8 Bit-Bild (RGB-Bild mit seinen drei Kanälen) hat man über 16,8 Mio. Farben. Dies resultiert aus den Variationsmöglichkeiten der drei Kanäle: $8 \text{ Bit} = 2^8 = 256 \rightarrow 256 \times 256 \times 256 \approx 16,8 \text{ Mio.}$

²⁰ Die Farbräume YUV, HSV, HSI, HLS und HSB nutzen die additive Farbmischung nicht, trotzdem enthalten sie die jeweiligen Komponenten ihres Farbmodells um Farbe zu beschreiben.

²¹ Abwägung der Vor- und Nachteile bei der Projektplanung.

²² Z.B. composite (FBAS), s-video, component RGB oder YUV, Firewire, SDI, HD-SDI, Scart, DVI, HDMI

²³ Auf Deutsch: Bilder pro Sekunde (BpS)

amerikanische Norm und die europäischen Normen unterscheiden sich bzgl. der Bildrate, haben aber das Zeilensprungverfahren gemeinsam, bei dem die tatsächliche zeitliche Auflösung aufgrund der Halbbilder doppelt so groß ist. Das Zeilensprungverfahren wird unter dem Punkt „Das Videobild“ näher erläutert.

Der US-amerikanische SD-Fernsehstandard hat eine Bildrate von 29.97 interlaced Vollbildern pro Sekunde.

In Europa werden (für TV-Spielfilme und Serien) 25 interlaced Vollbilder pro Sekunde, bei Filmen²⁴ hauptsächlich 24 fps genutzt²⁵. Generell gilt, dass sich schnellere Bewegungen mit höheren Bildwiederholraten besser erfassen lassen.

„Bei den Normen 720p/50 und 1080p/50 entspricht die Bildwechselfrequenz von 50Hz ebenfalls der Anzahl der Bewegungsphasen.“ [DUM10]

„Für bestimmte VFX-Arbeiten ist es von Vorteil, wenn ein zeitlicher Vorgang in einer höheren zeitlichen Auflösung z.B. in Zeitlupe aufgezeichnet wurde, beispielsweise wenn die Geschwindigkeit in der Postproduktion weiter editiert werden soll.“ [DUM10]

Kompressionsverfahren

Kompression wird verwendet, um den hohen Speicherbedarf, den digitale Bilddateien benötigen, zu verringern. Hierbei wird zwischen verlustfreier und verlustbehafteter Datenkompression unterschieden. Auch wird gelegentlich von einer Mischform der beiden genannten gesprochen, dem sog. „Hybrid Coding“.

Bei der **verlustfreien Kompression**²⁶ möchte man mit entsprechenden Verfahren trotz Komprimierung die Qualität der Bilder erhalten, so natürlich auch in der Postproduktion für Film und Video, d.h. es soll so komprimiert werden, dass die Kompression visuell nicht erkennbar ist.

Dazu kann man folgende Möglichkeiten nutzen:

Es können Inhalte, die häufig auftreten, durch kurze Codes wiedergegeben werden. Weiter können Paletten erstellt werden, auf deren Inhalt zurückgegriffen werden kann²⁷. Bei sich wiederholenden Inhalten besteht die Möglichkeit, diese über Zähler zu erfassen und zu ersetzen²⁸. [DUM10]

Bei der **verlustbehafteten Kompression** wird versucht, den Verlust an Informationen unmerklich oder wenigstens ästhetisch erträglich zu halten. Dabei werden die Informationen der Farbbereiche verringert, die für die menschliche Wahrnehmung unwesentlich sind. Es können auch gleichbleibende Bildstrukturen in Bildfolgen zusammengefasst werden.

²⁴ Im europäischen Raum wird gelegentlich auch im Bereich Film mit 25 fps gearbeitet.

²⁵ Filme mit 25 fps lassen sich zwar einfach für Fernsehen transferieren, jedoch können die 25 fps im Kino – nicht alle sind für die Umstellung von 25 fps auf 24 fps ausgerüstet - zu Geschwindigkeitsproblemen beim Abspielen führen.

²⁶ Engl.: Lossy Compression

²⁷ Hier seien die Palettenbilder erwähnt, die dieses Verfahren nutzen. Die entsprechenden Pixel haben eine Indexnummer, die auf die Farbpalette zurückgreift. Wird dort verwendet, wo geringe Bitraten erwünscht sind, wie z.B. im Internet. Eine typische Farbtiefe ist hier 8 Bit pro Pixel bei einem 8 Bit Kanal.

²⁸ Das hier gemeinte Verfahren nennt sich Lauflängenkodierung. Hier werden sich wiederholende Datenanteile mit identischen Zeichen durch Angaben über die Länge der Sequenz ersetzt.

Zugrunde liegt hier die Tatsache, dass das menschliche Auge die Luminanz viel besser wahrnehmen kann als die Chrominanz und der Schärfeeindruck ausschließlich über die Luminanz bezogen wird. Aus diesem Grund wird also in erster Linie die Chrominanz-Information reduziert, ohne dass diese Verringerung allzu sichtbar wird. D.h., dass diese nicht so relevanten oder gar irrelevanten Informationen mit geringerer Datenrate kodiert werden. [DUM10]

Bilder mit verlustbehafteter Kompression sind für VFX-Arbeiten ungeeignet²⁹, denn hier werden oft die Chroma-Anteile ausgewertet (z.B. beim Keyen) und die Verwertung von Bildern verlustbehafteter Kompression führt zu schlechten Ergebnissen (es können verschiedene Artefakte entstehen). Nachfolgend werden die wichtigsten Methoden der verlustbehafteten Kompression aufgezeigt.

o **Verlustbehaftete Bildkompression** (Beispiel JPEG³⁰-Kompression)

Die JPEG-Kompression ist ein gängiges Verfahren zur Bilddatenkompression (speziell geeignet für Fotografien oder fotorealistische Darstellungen) und besteht aus mehreren mathematischen Verarbeitungsschritten³¹. Je größer die Komprimierung ist, desto kleiner wird das Bild, jedoch sinkt auch die Qualität. Der Grund hierfür ist, dass bei einer stärkeren Komprimierung mehr Bildbereiche mit ähnlichen Werten zusammengefasst werden. [DUM10]

Eine starke Komprimierung führt zu verschiedenen Artefakten, wie *Banding*³² (auch *Posterisation* genannt) oder *Blocking*³³. Gleichfarbige Flächen und Verläufe werden recht gut komprimiert, bei starken Kontrasten und Mustern sind die Komprimierungsergebnisse eher schlecht.

o **Verlustbehaftete Videokompression** (Farbunterabtastung):

Die Farbunterabtastung ist ein Verfahren bei der Bildaufnahme, das der Reduzierung der benötigten Datenmenge dient.

Bei der Abtastung wird der YUV-Farbraum (genauer der analoge YPrPb oder digitale YCbCr) verwendet (der wie zuvor erwähnt die Komponenten Luminanz und Chrominanz zur Darstellung der Farbinformation verwendet). [DUM10]

Es erfolgt eine Quantisierung, bei der den entsprechenden Abtastpegeln Werte zugeordnet werden (z.B. stehen 256 Werte bei 8-Bit oder 1024 Werte bei 10-Bit pro Kanal zur Verfügung).

Um Daten zu komprimieren, werden die Farbdifferenzsignale³⁴ mit einer geringeren Abtastfrequenz verarbeitet bzw. digitalisiert als das Luminanzsignal, ohne dass (zunächst) sichtbare Qualitätseinbußen auftreten. Die Farbunterabtastung macht sich die Physiologie des menschlichen Auges zu Nutze, welches die Helligkeitsinformation

²⁹ Für VFX-Arbeiten sollte man möglichst unkomprimiertes Material nutzen.

³⁰ JPEG: Joint Photographic Experts Group: Seit 1992 als internationaler Standard festgeschrieben (ISO/IEC IS 10918)

³¹ Überführung Bildinhalte in YCbCr-Farbraum, Unterteilung in 8x8 Pixel Blöcke, Tiefpassfilterung, Anwendung diskrete Cosinustransformation und Zusammenfassung durch Quantisierung.

³² Feine Helligkeitsverläufe werden aufgrund der Reduzierung der Graustufen/Helligkeiten nicht mehr gleichmäßig dargestellt, sondern in sichtbaren abgegrenzten Streifen.

³³ Deutlich sichtbare Blockbildung (8x8 Pixel Aufteilung wird erkennbar) und Verhärtung der Kanten.

³⁴ YUV-Signal: Luminanz (Y) und Farbdifferenzsignale (U und V)

bei der Wahrnehmung von visuellen Details als wichtiger wahrnimmt, als die Chrominanzinformation³⁵. [DUM10]

o **Videokompression**³⁶:

Sie dient der Reduzierung der Datenrate eines digitalen Videosignals, um dieses einfacher speichern oder übertragen zu können.

Mittlerweile sind die relevanten Verfahren hierfür standardisiert³⁷ und es gibt eine Vielzahl von MPEG-Verfahren, welche aufgrund der abweichenden Anforderungen der verschiedenen Verwendungsziele stark voneinander abweichen.

Nachfolgend werden die relevanten Kompressionsverfahren (MPEG-1, MPEG-2 und MPEG-4) kurz erläutert, jedoch wird hier nicht explizit auf die Realisierung verschiedener Kompressionsverfahren eingegangen. Weiterführend wäre die Homepage der MPEG (mpeg.chiariglione.org) und dort speziell der Punkt „Standards“ zu empfehlen.

MPEG-1:

Dieses Verfahren wurde entwickelt, um Videos flüssig wiederzugeben. Es arbeitet mit einer Datenrate von ca. 1,2 bis 3 Mbit/s, bei horizontaler und vertikaler SIF-Auflösung von 352 x 288 Pixel und ohne Zeilensprungverfahren.

MPEG-2:

Die Verwendungen dieses Verfahrens sind vielfältig. Ebenso ist MPEG-2 in verschiedenen Auflösungen und Qualitäten verwendbar. Einsatz findet dieses Verfahren beim Fernsehen (HD-TV), bei bestimmten Videoformaten (z.B. IMX), HD-Kameras und bei der DVD-Erstellung. Im Gegensatz zu MPEG-1 kann MPEG-2 das Zeilensprungverfahren nutzen.

MPEG-4:

Es ist die Weiterentwicklung von MPEG-2 und wird im Schwerpunkt für Streaming (Internet) und interaktive Anwendungen verwendet.

MPEG-7:

Eigenständiger Standard (also keine Weiterentwicklung bestehender Standards) zur Verbindung unterschiedlicher Multimediadaten und Speicherung von zusätzlichen Daten (Metadaten³⁸).

³⁵ D.h. dass das menschliche Auge empfindlicher auf Helligkeitsveränderungen reagiert, als auf Farbunterschiede.

³⁶ Motion Compression

³⁷ Mit Standardisierung befasst sich die Moving Picture Experts Group (MPEG) sowie die International Telecommunication Union (ITU)

³⁸ Abspeicherung der Metadaten in einer oder mehreren XML-Dokumenten.

Verschlüsselung und digitales Wasserzeichen

Verschlüsselung und Verwendung von Wasserzeichen dient dem Schutz der Urheberrechte und der Daten vor Zugriff unberechtigter Dritter (Raubkopien).

Die **Verschlüsselung** (Chiffrierung) verändert die Form der ursprünglichen Daten³⁹ (in der Kryptologie Klartext genannt) und sie sind ohne den dazugehörigen Schlüssel nicht mehr zu verwenden/ zu entschlüsseln (dechiffrieren). Die Weitergabe des Schlüssels an den Empfänger stellt das Hauptproblem der digitalen Verschlüsselung dar.

Es sind zwei Arten zu unterscheiden:

Zum einen gibt es die sogenannte symmetrische Verschlüsselung, bei der es einen Schlüssel zur Ver- und Entschlüsselung gibt und der vollständig an den Empfänger übergeben werden muss⁴⁰.

Zum anderen gibt es die sogenannte asymmetrische Verschlüsselung, bei der die Daten mit einem „öffentlichen Schlüssel“ verschlüsselt und mit einem „privaten Schlüssel“ entschlüsselt werden.

Da die asymmetrische Variante recht langsam im Vergleich zur symmetrischen ist, gibt es sogenannte hybride Verfahren, bei denen z.B. ein Sitzungsschlüssel generiert und mit dem asymmetrischen Verfahren ausgetauscht wird, welcher dann als Schlüssel für ein symmetrisches Verschlüsselungsverfahren genutzt wird. Dadurch wird dann die eigentlich zu verschlüsselnde Information verschlüsselt.⁴¹

Digitale Wasserzeichen⁴² sind in digitale Medien eingebettete, für den Zuschauer nicht sichtbare Informationen, die mittels steganographischer Methoden direkt mit dem zu markierenden Inhalt verknüpft werden und keinerlei Auswirkungen auf die Bildqualität haben. Hierbei ist die Sicherheit und Geheimhaltung der eingebetteten Information mit einem geheimen Schlüssel so sicherzustellen, dass das Wasserzeichen ohne zugehörigen Schlüssel nicht ausgelesen oder verändert werden kann. Dieser sollte so robust sein, dass er bei Veränderungen des Trägermediums⁴³ trotzdem weiter vorhanden ist und ein eventueller Missbrauch erkennbar bleibt. Digitale Wasserzeichen werden u.a. eingesetzt, um Rechteinhaberinformationen zur Urheberrechtsverletzungsverfolgung in ein digitales Medium einzubetten. Auch kann die Authentizität einer Datei nachgewiesen werden.

Entsprechende Informationen des digitalen Wasserzeichens werden durch Anwendung spezieller Filter von Drittanbietern in das Bild (meist in den Luminanzkanal) eingebettet. [DUM10]

Metadaten

Mit diesen Daten hat man die Möglichkeit, neben dem Bildinhalt zusätzliche Informationen in einer digitalen Bilddatei mit aufzunehmen. Welche und wie viele Informationen das sind, ist abhängig von der verwendeten Software und vom Dateiformat. Bei der digitalen Fotografie gewinnen die Metadaten immer mehr an

³⁹ Jegliche Daten, z.B. Text, Bilder

⁴⁰ Vorzugsweise auf einem anderen Weg, welches in der Praxis kaum realisierbar ist.

⁴¹ Da diese Beschreibungen sehr allgemein gehalten, wird für nähere Informationen auf das Buch „Netzwerk- und Datensicherheit - Eine praktische Einführung“ von Martin Knappes verwiesen (ISBN 978-3-8348-0636-9).

⁴² Engl.: Digital Watermarking

⁴³ Z.B. Formatänderungen, Vergrößerungen, Ausschnitte, A/D-Wandlungen etc.

Bedeutung und sind weitestgehend standardisiert⁴⁴. Bei Videomaterial können beispielsweise Timecode-Informationen und User Bits⁴⁵ als Metadaten abgespeichert werden.

Generell dienen Metadaten deskriptiven (Angaben des Bildinhalts), strukturellen (Daten über Zusammenhang mehrteiliger, komplexer Objekte) oder administrativen (Angabe von Auflösung, Farbprofilen etc.) Zwecken. [DUM10]

Hochkontrastbilder und Anwendung in der Bewegtbildaufnahme

Hochkontrastbilder, oft HDRI⁴⁶ genannt, sind Bilder, die über einen Kontrastumfang von 1:10.000 bis zu 1:200.000 verfügen und die Aufzeichnung aller für das menschliche Auge sichtbaren/wahrnehmbaren Farben erlauben. Auch wenn heutige Bildschirme diese Hochkontrastbilder noch nicht darstellen können, bieten Compositing- und Bildbearbeitungs-Applikationen (ggf. auch über Plug-Ins) entsprechende Werkzeuge im Umgang mit HDR-Bildern an. [DUM10]

Erste HDRI-Kameras⁴⁷ sind bereits erhältlich. Dennoch wird es noch einige Jahre dauern, bis sich diese Technologie im Entertainment-Bereich etablieren wird. In der digitalen Fotografie werden meist bei statischen Objekten Belichtungsreihen⁴⁸ gemacht und dann mit einem Bildbearbeitungsprogramm miteinander verrechnet, um den gewünschten Kontrastumfang zu erreichen. Bei der Bewegtbildaufnahme ist dieses Vorgehen jedoch nicht anwendbar.

Da HDR-Bilder den gesamten sichtbaren Gamut transportieren und den geräteunabhängigen CIE-XYZ- und LUV-Farbraum nutzen, ist eine Mischung verschiedener Formate besser umsetzbar. Künftig wird somit auch die gesamte digitale Postproduktion mit Hochkontrastbildern erfolgen, sofern es gelingt, entsprechende HDR-fähige Monitore zu entwickeln. [DUM10]

Entsprechende HDR-Inhalte können nur auf HDR-Medien und den dazugehörigen Playern abgespielt werden. Wahrscheinlicher ist - und erfolgt auch schon - dass diese über Streaming-Dienste (z.B. Netflix und Amazon Prime) angeboten werden.

Probleme mit digitalen Medien

Auch wenn die vollständige Digitalisierung in der Film- und Fernsehproduktion (und somit auch im Workflow) immer weiter voranschreitet (in der digitalen Fotografie und im VFX-Bereich bereits erfolgt), so ist die Nutzung digitaler Daten auch mit einigen (möglichen) Problemen wie Archivierungsproblemen⁴⁹ sowie die Entstehung von Artefakten⁵⁰ verbunden sein.

⁴⁴ Z.B. RAW-, TIFF- oder JPEG-Dateien gibt es folgende unterschiedliche Arten von Metadaten: Dateiattribute, EXIF- und IPTC-Daten und weiterer Metadaten wie Einstellungen zur RAW-Konvertierung, JPEG-Kommentare, Vorschaubild und Vorschauminiatur, Stichwörter und Bildklassifikationen.

⁴⁵ Anwendungsdaten, die zusammen mit Timecode in Form von acht Ziffern pro Bild auf das Bild gespeichert werden können. Z.B. Erstellungsdatum oder Bandnummer.

⁴⁶ HDRI: engl.: High Dynamic Range Images

⁴⁷ HDRI-Kameras verwenden einen hoch empfindlichen logarithmischen Bildsensor (HDR-CMOS, HDRC)

⁴⁸ Mindestens drei Bilder

⁴⁹ Die dauerhafte Archivierung digitaler Medien ohne Kompatibilitätsprobleme und der anfallenden digitalen Datenmengen ist noch eine offene Frage und eine große Herausforderung.

⁵⁰ Entstehung bei Aufnahme und Abtastung durch begrenzte örtliche, chromatische (z.B. Banding/Posterisation) Auflösung oder durch Kompression.

Das Videobild

„Der Begriff Videobild bezeichnet eine elektronische Bilderzeugung bzw. -speicherung auf Band oder einem anderen Speichermedium (z.B. DVD/ Festplatte); ein Videobild kann analog oder digital sein.“ [DUM10]

o **Bildaufbau**

Ein Videobild ist als Rasterbild⁵¹ aufgebaut und die Videosignale müssen mit einer ausreichend großen Bildwiederholungsfrequenz bei möglichst geringer Signalbreite übertragbar sein. Bei Verringerung der Bildfrequenz bzw. Geschwindigkeit würde das Bild stotternd abgespielt oder man würde die Bilder nicht mehr als flüssige Bewegung wahrnehmen. Um die Bildwiederholungsfrequenz (und somit die Übertragungsbreite) möglichst gering zu halten und dennoch die Bilder flimmerfrei darzustellen, wurde das Zeilensprungverfahren eingeführt. [DUM10]

o **Das Zeilensprung⁵²- und Vollbildverfahren⁵³**

Das **Zeilensprungverfahren** wird, auch wenn es seinen Ursprung in der Darstellung der Bilder auf Röhrenbildschirmen hat, im heutigen SD-Fernsehstandard und teilweise im HDTV-Standard (nur in der 1080i-Variante) verwendet und somit bei der Aufnahme, Bearbeitung und Darstellung.

Jedes *interlaced* Vollbild baut sich aus zwei unterschiedlichen Halbbildern/Videofeldern (dem first field/upper field und dem second field/lower field) auf.



Abbildung 2.14 Zeilensprungverfahren [DUM10]

Sie werden zur Vereinfachung durch die meisten Softwareprogramme als Vollbilder dargestellt, da sonst z.B. bei angewandter Rotation, Unschärfen etc. diese bei der Rückwandlung in das interlaced Vollbild verzerrt dargestellt werden würden. [DUM10]

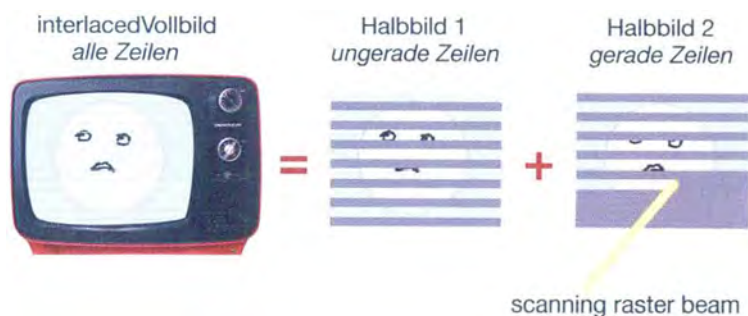


Abbildung 2.15 Interlaced Vollbild [DUM10]

Abhängig vom Format (innerhalb des Zeilensprungverfahrens) wird durch die sogenannte Halbbilddominanz⁵⁴ festgelegt, welche Zeilen (gerade oder ungerade) im ersten Halbbild

⁵¹ Siehe Punkt „Rasterbild, Vektorgrafik und fraktales Bild“

⁵² Engl.: interlace/interlaced scanning (i)

⁵³ Engl.: progressive/progressive scan (p)

⁵⁴ Engl.: field dominance

und welche im zweiten Halbbild dargestellt werden. Bei DV-Material werden (unabhängig vom verwendeten Farbverfahren NTSC oder PAL) immer die Pixel der geraden Zeilen⁵⁵ im ersten Halbbild gezeigt. Das Format D1 nach EBU/Gerber-Norm⁵⁶ enthält im ersten Halbbild die Pixel der ungeraden Zeilen⁵⁷ (engl.: *odd-fields*).

Die Nutzung von Medien mit falscher Felddominanz (z.B. falsch eingespielt) hätte beim Abspielen auf einem Computermonitor mit progressiver Anzeige keine Auswirkungen, führt jedoch bei einem älteren Fernsehgerät⁵⁸ zu einem Ruckeln bzw. zu Mischbildern (Flimmern) und Artefakten.

Dies wird durch eine nicht korrekte Reihenfolge der Wiedergabe der Halbbilder verursacht, da beim Abspielen am Computer die Bilder in der Reihenfolge zum Hauptspeicher gesendet werden, in der sie zuvor auf Festplatte geschrieben wurden. So wird durch das System eine Field 1-Dominanz unterstellt, auch wenn mit Field 2 digitalisiert wurde. [DUM102]

Um dem Problem des Versatzes bei Bewegungen im Bild (Bewegungsartefakte), verursacht durch die Aufteilung in zwei Felder und die dadurch entstehende Darstellung unterschiedlicher Bewegungsphasen, bei der Nutzung von Interlaced Material für Filme zu begegnen, muss das Interlaced Material in progressive Vollbilder umgerechnet werden.



Abbildung 2.16 horizontaler (links) und vertikaler Versatz (rechts) [DUM10]

Ein weiteres Darstellungsproblem von Rasterbildern im Zeilensprungverfahren ist bei diagonalen Linien zu finden. Hier werden diese leicht versetzt und somit in treppenförmiger Struktur wiedergegeben (auch *Aliasing* genannt). Um diesen Eindruck zu mindern, wird Anti-Aliasing⁵⁹ angewendet.

Auch kann es zu Zeilen- oder Kantenflimmern kommen⁶⁰. Dies bei sehr hohen Kontrast zwischen zwei angrenzenden Zeilen auf und kann durch Verringerung des Kontrasts oder durch Herabsetzung der Helligkeit des Elementes (z.B. Schrift) verhindert werden.

Auch kann es zu Streifenbildung kommen, wenn man Interlaced Material progressiv darstellt. Abhilfe schafft hier eine Progressivbildberechnung mit Halbbildinterpolation und ggf. darauffolgendem *Keyen* der betroffenen Fläche. [DUM10]

Generell wechseln sich die Halbbilder mit einer Frequenz von 50Hz flimmerfrei ab und so werden beide Halbbilder aufgrund der Trägheit des Sehsinns als ein Vollbild wahrgenommen. Auch erhält man durch dieses Verfahren eine höhere temporäre

⁵⁵ Engl.: even-fields

⁵⁶ auch als ITU-R 601 Standard bezeichnet

⁵⁷ Engl.: odd-fields

⁵⁸ Da diese hauptsächlich auf Interlaced-Übertragung ausgelegt sind. Moderne Geräte nutzen hauptsächlich progressives Material, können aber auch interlaced Material verwenden.

⁵⁹ Kantenglättung durch Rekonstruktionsfilter

⁶⁰ Bei progressiver Darstellung unproblematisch, da dort Vollbilder gezeigt werden.

(zeitliche) Auflösung⁶¹. Da die Halbbilder nur die Hälfte aller Zeilen beinhalten, verfügen sie auch nur über die halbe vertikale Auflösung.

Neben dem Zeilensprungverfahren in Halbbildern gibt es noch ein weiteres Verfahren bzw. einen weiteren Scan Mode, das **Vollbildverfahren** bzw. Progressive Scan, bei dem die Bilddarstellung bzw. Bildabtastung von oben nach unten in jeder Zeile, also fortlaufend ohne Halbbilder, erfolgt.

Gegenüber dem *interlaced scan* ist hier die faktische Bewegungsauflösung geringer. Jedoch gibt es Kameras, die eine Bewegungsauflösung von 50 Vollbildern pro Sekunde⁶² anbieten, was zu einer Verdopplung der Bildinformation führt. [DUM10]

Die Darstellung von Computermonitoren ist in der Regel progressiv, ebenso die von aktuellen HD-Geräten. Für die Darstellung eines progressiven Signals auf einem Fernsehgerät wird ein entsprechender Anschluss benötigt (analoger VGA- oder YPbPr-Eingang oder einen digitalen DVI- oder HDMI-Anschluss).

Beim HD-TV-Fernsehen gibt es einen speziellen Scan Modus, der sich *Progressive Segmented Frame* (PsF bzw. sF) nennt und bei dem Endgeräte erreicht werden können, die hauptsächlich auf eine *interlaced* Übertragung ausgelegt sind. Hier wird das progressiv abgetastete Bild nach ungeraden und geraden Zeilen aufgeteilt, gespeichert und ohne temporären Versatz mit Halbbildern übertragen. [DUM10]

Zur Berechnung von Progressivbildern aus den Halbbildern von Interlaced Bildern stehen verschiedene Möglichkeiten mit qualitativ sehr unterschiedlichen Ergebnissen zur Verfügung. Bei einfacher Progressivbildberechnung werden die oben aufgeführten Probleme (temporärer Versatz, Treppenbildung) nicht beseitigt.

Hierfür gibt es die Möglichkeit der Halbbildinterpolation⁶³ (auch *Field Merge* genannt):



Abbildung 2.17 Beispiel Interlaced Bild (links) und Beispiel Field Merge (rechts) [DUM10]

Bei großem temporärem Versatz (weites Auseinanderklaffen der beiden Halbbilder) würde man *Field Merge* nicht anwenden, sondern für die Progressivbildberechnung eines der beiden Halbbilder doppeln und dann eine Bewegungsunschärfe auf die so entstandenen Bilder anwenden. Auch kann man progressive Vollbilder ohne Bewegungsunschärfe aus dem doppelten Halbbild errechnen, indem man eines der beiden Halbbilder nicht nutzt und das andere doppelt.

⁶¹ Dadurch können schnelle Bewegungen genauer erfasst werden.

⁶² 50p

⁶³ Hier werden die Halbbilder aufeinander zugerechnet (interpoliert). Dies verringert die Treppchenbildung und das Ergebnis ähnelt progressiver Bewegungsunschärfe, jedoch ist bei Bewegungen ein leichter Nachzieheffekt erkennbar.



Abbildung 2.18 Progressivbildberechnung durch Doppelung eines Halbbildes [DUM10]

Jedoch wirken schnelle Bewegungen hierdurch oft ruckartig. Aufgrund des Verlusts der Hälfte der vertikalen Auflösung des interlaced Aufnahmebildes und der dadurch oft resultierenden Streifenbildung wird diese Art der Progressivbildberechnung kaum genutzt. Durch Interpolation verliert das Bild Schärfe, was bei weiteren Bearbeitungsschritten, bei denen auch etwas an Schärfe verloren geht (geplanter Ausbelichtung von SD-Material), sehr ungünstig ist. Die genannten Probleme können durch Halbbild-Interpolations-Module gelöst werden. Hier wird beispielsweise erst der lokale temporäre Versatz zwischen den Halbbildern ermittelt (mit einem Differenz-Keyer) und anschließend wird an den Stellen, wo ein temporärer Versatz vorliegt, interpoliert. Dadurch bleibt die Schärfe des restlichen Bildes unberührt⁶⁴. [DUM10]

Beim Anlegen eines Projekts muss man bei vielen Softwareprogrammen eines der beiden Verfahren auswählen⁶⁵. Entscheidend ist hierbei, welche der beiden Materialarten vorwiegend vorliegt und in welchem Format das Ergebnis ausgegeben werden soll.

Bei einigen Anwendungen, z.B. Rotoskopieren oder Keying, kann nicht mit dem *Interlaced* Vollbild gearbeitet werden. Hierfür muss das *Interlaced* Vollbild in die einzelnen Halbbilder zerlegt werden. Dieses Vorgehen wird ***Deinterlacing***⁶⁶ genannt. Dabei liegt dem Bearbeiter die doppelte Anzahl der Bilder mit der halben vertikalen Auflösung vor, welche bearbeitet (z.B. rotoskopiert oder gekeyed) und anschließend wieder *interlaced*⁶⁷ werden. Weder *Deinterlacing* noch *Interlacing*, bewirken Verluste bzgl. der Bildqualität. [DUM10]

⁶⁴ Weitere Interpolationsmethoden beruhen auf dem Prinzip der Bewegungsunschärfe bzw. machen sich das Prinzip der Prädiktion zunutze (z.B. MPEG-Kompression), um temporären Versatz zu ermitteln. Interpoliert wird dann nur dieser ermittelte Differenzbereich.

⁶⁵ Z.B. 50i für Material mit 50 Halbbildern

⁶⁶ In der Postproduktion wird dieser Begriff nicht einheitlich verwendet. Manchmal wird er fälschlicherweise der Progressivbildberechnung zugeordnet.

⁶⁷ Beide Videofelder werden zu einem aus zwei Halbbildern bestehendem interlaced Vollbild zusammengefügt.

o High Definition (HD)

Wie bereits erwähnt, werden hochauflösende elektronische bzw. Video-Bilder als HD bezeichnet, welche zwar verschiedene Auflösungen und auch Normen beschreiben⁶⁸, jedoch alle größer als SD sind und im Kino sowie im HD-TV⁶⁹ eingesetzt werden.

Hierfür gibt es natürlich entsprechendes technisches Equipment wie HD-Kameras/ -Schnittplätze/ -Objektive etc., je nach Einsatzgebiet (Kino oder HD-TV) mit unterschiedlichen Standards. Viele Kinos haben von 35mm-Material auf digital umgestellt, daher müssen HD-Produktionen nicht mehr überall auf 35mm ausbelichtet, kopiert und vertrieben werden und somit nicht in geringerer Auflösung⁷⁰ (als produziert) dargestellt werden. Damit ist auch die hochwertige Projektion gemeint, die nun überwiegend digital erfolgt. Bezeichnet wird die digitale Projektion von vollständig digitalen Produktionen als „Digital Cinema“ (D-Cinema oder DCI). Für Kino- und TV-Produktionen wurden spezielle HD-Kameras entwickelt, die mit speziellen Cine-Optiken arbeiten und Bilder mit einer Pixelanzahl von 8K aufnehmen und ausgeben können. Moderne HD-Kameras nutzen einen 35mm Vollformat CMOS-Sensor (und ggf. auch 65mm CMOS-Sensor, z.B. die Firma ARRI sowie 75mm CMOS-Sensor der IMAX-Kamera) und können teilweise sogar schon eine Auflösung von 8K aufzeichnen.

Die „Digital Cinema Initiative“⁷¹ hat 2004 beschlossen auf das JPEG-2000-Verfahren⁷² (Komprimierungsformat) zu wechseln (welcher auch 2K und 4K unterstützt). Die Initiative gab vier Mindestempfehlungen für Digitalprojektoren ab, welche sich nach abfallenden Qualitätsmerkmalen unterteilen lassen. Höchstes Qualitätsmerkmal gilt für Kinos mit einer Leinwand von über 15 Meter, niedrigstes für öffentliche Videoprojektoren. D-Cinema (4K und 2K) bilden die beiden höchsten Qualitätsmerkmale ab, die anderen werden als E-Cinema bezeichnet.

HD-TV⁷³ ist eine digitale Fernsehnorm, die eine höhere Pixel- und Zeilenanzahl als SD-Fernsehen und somit eine größere Schärfe hat. HD-TV hat das SD-Fernsehen in großen Teilen abgelöst (viele Sender haben auf HD-TV umgestellt). Solange noch nicht entschieden ist, welches Verfahren nun endgültig genutzt wird, sind Sender und Empfänger für interlaced Mode (Zeilensprungverfahren) und progressive Mode ausgelegt. Aber auch die dritte Variante (Scan Modus) kann somit abgebildet werden.

Auch strahlen mittlerweile einige Testsender schon in 4K aus und auch einige Streaming-Dienste (z.B. Netflix) bieten teilweise Sendungen in 4K an. Entsprechende Endgeräte für private Nutzer sind schon auf dem Markt erhältlich.

⁶⁸ HD-TV mit 1280x720 oder auch mit 1920x1080 Pixeln [Full-HD], für die Postproduction und in naher Zukunft auch für Home-Entertainment [mit min.] 3840x2160 Pixel [Ultra-HD; 4K], derzeit wird auch schon begonnen Geräte für 8K herzustellen.

⁶⁹ High Definition Television

⁷⁰ Max. 1,5K

⁷¹ Digital Cinema Initiative ist ein Zusammenschluss der sieben großen Studios: Universal, MGM, Paramount, Sony Buena Vista, 20th Century Fox, Warner Bros.

⁷² Und nicht das MPEG2-Verfahren, da dieses aufgrund seiner größeren Komprimierung zu höheren Qualitätsverlusten führt.

⁷³ Durch das Advanced Television Systems Committee (ATSC) wurden ursprünglich zwei Bildgrößen festgelegt: 1920x1080i und 1280x720p Pixel. HDTV hat ein Bildseitenverhältnis von 16:9 und alle HD-Formate haben quadratische Pixel.

Timecode (TC)

Die Entwicklung des Timecodes ist auf den Wunsch zurückzuführen, Videos und Tonquellen miteinander synchron zu koppeln, zu schneiden oder ohne Filmklappe zu drehen. TC ist eine Zeitinformation, die auf unterschiedliche Weise (Kameraintern oder – extern auf analoge und digitale Bandformate sowie auf Harddisk, Flash und DAT-Rekordern) auf Video oder Ton aufgezeichnet wird und jedem Bild eine Nummer zuordnet und elektronisch „aufstempelt“. [ABC01]

Im TC enthaltene Informationen sind zum einen die Zeitangabe (Stunden, Minuten Sekunden), des jeweiligen Bildes und zum anderen zusätzliche Informationen (über das jeweilige Halbbild bzw. Userdaten⁷⁴).

Wenn mehrere Aufnahmegeräte gleichzeitig synchron laufen sollen (sei es eine Szene aus verschiedenen Blickwinkel aufzunehmen oder bei Low-Budget 3-D-Aufnahmen, bei denen zwei gleiche Kameras verwendet werden), werden Mutteruhren genutzt, um die Uhren der Aufnahmegeräte zu Drehbeginn abzugleichen, damit diese absolut übereinstimmen. Hierfür gibt es mittlerweile auch Apps für Smartphone und Tablet, die die Timecodes von mehreren Kameras synchronisieren können⁷⁵.

Es gibt zwei Timecode-Arten:

Den **elektronischen Timecode** und den **optischen Timecode**, auf den hier nicht näher eingegangen wird, da dieser nur bei analogen Filmen Verwendung findet, welche hier nicht näher betrachtet werden.

Bei den elektronischen Timecodes ist der SMPTE/EBU-Timecode⁷⁶ am meisten verbreitet. Beim elektronischen Timecode gibt es zwei Verfahren (zwei verschiedene Stellen des Bandes), wie (wo) der Timecode aufgezeichnet werden kann:

Der LTC (Longitudinal Timecode) kann in der Audiospur des Bandes aufgezeichnet werden⁷⁷.

Der VITC (Vertical Interval Timecode) wird in das Videosignal integriert und in der vertikalen Austastlücke abgespeichert. Diese Variante ist (im Profibereich) sehr verbreitet. LTC kann nachträglich modifiziert werden, VITC jedoch nicht.

Aufgezeichnet werden kann neben den schon erwähnten Bandgeräten auch auf Harddisk, Flash oder DAT-Rekordern.

Ein korrekter Timecode bildet die Grundlage für einen bildgenauen Schnitt und das Mastering.

⁷⁴ Z.B. Bandbezeichnung, Datum

⁷⁵ Z.B. die kostenlose App „BLINK Hub“ der Firma Timecode Systems für iOS, Android und OS X (www.timecodesystems.com/products-home/blink-hub/), welche auch in dem Artikel von www.kameramann.de/technik/timecode-systems-bringt-kostenlose-blink-hub-app/ vom 18.08.2016 vorgestellt wird.

⁷⁶ Aufbau: Stunden : Minuten : Sekunden : Bildern

Zählweise: 0-99 : 0-59 : 0-59 : 0-24 (bei EBU-/Gerber-Norm)

⁷⁷ Sofern die Übersprechungsdämpfung der benachbarten Spuren groß genug ist. Kann zu „Knattern“ oder schrillen Geräuschen führen, was nicht immer herausgefiltert werden kann. Broadcast-Formate haben eine eigene Timecode-Spur.

2.3 Compositing und visuelle Effekte

2.3.1 Allgemeines

Fotorealistisches digitales Compositing beinhaltet das Zusammenfügen von verschiedenen Bildanteilen mit Hilfe des Computers zu einem harmonischen und glaubwürdigen Ganzen. Das Ergebnis soll üblicherweise so erscheinen, als wäre es an einem Ort, zu einer Zeit und mit nur einer Kamera aufgenommen worden.

Um ein fotorealistisches Compositing zu erstellen, werden verschiedene Ebenen nahtlos miteinander verknüpft/verbunden und dabei die Farbkorrektur, die Art der anzuwendenden Verknüpfungsmethode, die Beleuchtungssituation, die Körnung und die Anpassung der sogenannten Kanteneigenschaften der Elemente mit berücksichtigt und entsprechend angepasst sowie Masken⁷⁸ verwendet und visuelle Effekte eingefügt.

Wird jedoch eine bewegte Collage erstellt, werden die verschiedenen Bildanteile gegeneinander abgegrenzt und zueinander in Dialog gesetzt. Die unterschiedliche Herkunft der Elemente wird hier nicht verschleiert, sondern oft sogar noch über die Kantenbeschaffenheit betont. [DUM10]

Beide Arbeitsweisen unterscheiden sich somit deutlich voneinander.

Da ein Compositor mit (digitalen) Bildern und Videos umgehen muss und aus ihnen neue erstellt, wurden die Eigenschaften von Bildern und Videos unter 2.2 näher erläutert und dienen somit als Grundlage für die nachfolgenden Teile dieser Arbeit.

Dazu zählen vor Allem die Bildgröße des Filmbildes (welche in Zusammenhang zum Bildfenster der Kamera steht) und der bei der Produktion verwendeten Bilder/Videos, die Tatsache, dass das fotografische Bild eine zweidimensionale Darstellung der dreidimensionalen Wirklichkeit ist und somit flach ist⁷⁹. Außerdem gehören die Farbe, Helligkeit und Kontrast zu den wichtigsten Gestaltungsmöglichkeiten eines Compositors. Der Faktor Zeit stellt einen weiteren für den Bearbeiter sehr wichtigen Punkt dar. Anders als beim fotografischen Bild, bei dem dieses einen eingefrorenen Moment zeigt, bezieht sich das Bewegtbild auf einen Zeitrahmen⁸⁰.

Die im Kontext Compositing stehenden visuellen Effekte (manchmal auch virtuelle Effekte genannt) sind Teil des Compositings und werden durch entsprechend importierte Elemente (Video-Container oder Bildsequenzen) oder im Programm selbst erstellte Elemente ins Compositing eingebunden. Diese können Partikeleffekte wie Regen, Rauch, Staub, Feuer usw. sein.

Der Begriff visuelle Effekte steht grundsätzlich für die Manipulation von Bildern im Bereich Film und Fernsehen, genauer für die digitale Erstellung von Effekten und ist begrifflich gegenüber den Special Effects (SFX) abzugrenzen. Special Effects sind die Effekte, die während des Hauptdrehs entstanden sind: atmosphärische Effekte (Nebel, Schnee, Eis, Wind, etc.), Pyrotechnik, Waffentechnik und Projektile sowie gelegentlich

⁷⁸ Maske: Graustufenbild, mit der die Transparenz der Ebene anhand der Pixel- bzw. Intensitätswerte des Graustufenbildes gesteuert werden kann. Masken, deren Erstellung und Bearbeitung wird unter 2.3.2.14 näher betrachtet.

⁷⁹ D.h. man kann nicht näher in das Bild hineingehen und dadurch neue Details hervorbringen oder ein andere Perspektive einnehmen, denn die visuelle Information des Bildes ist begrenzt. [DUM10]

⁸⁰ „Für das bewegte Filmbild wird fortlaufend eine Bildkomposition aufgebaut, wieder zerlegt und anschließend erneut definiert.“ [DUM10]

auch für Rück- und Frontprojektionen und In-Kamera-Effekte (Doppelbelichtung etc.). Der Begriff VFX⁸¹ beschreibt hingegen die Effekte, die in einem gesonderten Dreh oder innerhalb der Postproduktion digital vorgenommen werden. Dies beinhaltet die Aufnahme von Blue- bzw. Greenscreen-Aufnahmen, separate Aufnahmen von Explosionen und anderer Pyrotechnik, die nicht im Hauptdreh stattfinden und auch die komplett digital erstellten Effekte. [DUM10]

In diesem Teil der Arbeit werden Grundlagen von Compositing und visuellen Effekten beschrieben, denn für die Erstellung eines Compositings gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Aspekten, die es zu bedenken und miteinzubeziehen gilt. Die dargestellten Grundlagen (und so auch die im vorigen Kapitel beschriebenen technischen Grundlagen) gehören somit für die gestalterische Compositing-Arbeit zum benötigten Grundwissen.

dieser Masterarbeit werden zunächst die technischen Grundlagen für den Umgang mit digitalen Bildern und Videos sowie

2.3.2 2D- und 3D-Grafik

Während viele eine genaue Vorstellung von 3D-Grafik haben - ein anhand des Computers erstellter Körper mit räumlicher Dimension, der texturiert und animiert wird und ein Shading und Rendering erhält - ist die Vorstellung von 2D-Grafik oft eher diffus. 2D-Grafik enthält die Bereiche 2D-Painting, 2D-Animation, digitales Compositing sowie digitale Bildbearbeitung (wie z.B. Adobe Photoshop), anhand derer digitale Bilder erzeugt werden können. Streng genommen beinhaltet digitale Bildbearbeitung als Oberbegriff jegliche Modifikation von Bildern mit dem Computer, egal ob es sich um Einzel- oder Bewegtbilder handelt. Im Film- und Fernsehbereich gehen digitale Bildbearbeitung (beispielsweise durch Grading) und digitales Compositing oft recht nahtlos ineinander über. Der Oberbegriff für 2D- und 3D-Grafik ist „Computer Generated Imagery“ (CGI oder noch kürzer CG). [DUM10]

Aufgrund der Tatsache, dass es sehr gute Programme zur Erstellung von 2D- und 3D-Objekten gibt, werden kaum noch echte Modelle z.B. für Kreaturen erstellt, da diese so fotorealistisch am Computer digital erstellt werden können⁸².

⁸¹ Die Möglichkeiten zur Erstellung von visuellen Effekten und Charakteren haben aufgrund der rasanten technischen Weiterentwicklungen seit Beginn dieser Ära in den 1980er Jahren rasante Fortschritte gemacht. Genannt seien hier der Übergang von analogen Kameras zu digitalen, das Ersetzen von physischen Modellen durch digitale oder auch die zunehmende Leistungsfähigkeit von Computern, wodurch auch die Möglichkeiten für Compositing und visuelle Effekte zunehmen und immer komplexere und realistischere Ergebnisse erzielt werden können. Und egal wie letztlich Tricks und Techniken umgesetzt werden, das Ziel bleibt stets, Charaktere und Welten aus der geistigen Vorstellung auf die Kinoleinwände/Fernseher zu bringen. [FAI15]

⁸² Generell gibt es vier Möglichkeiten z.B. einer Kreatur „Leben einzuhauchen“. Prothetisches Makeup (oder einen speziellen Anzug), stop-motion Animation, eine animatronische Puppe, hydraulisch oder durch Puppenspieler bewegt/bedient oder aber der Computer Animation, welche mittlerweile am meisten verwendet wird.

Makeup wird immer noch verwendet, jedoch liegt auch hier der Schwerpunkt in der digitalen fotorealistischen Erstellung entsprechender Charaktere, wie z.B. Gollum von dem Film „Herr der Ringe“ oder auch das Volk der Na'vi vom Film „Avatar“. Auch wird jetzt anstelle von (Gummi-/Schaumstoff-)Masken, mit denen es teilweise sehr schwierig für die Schauspieler war Emotionen wie gewünscht darzustellen, mit bestimmten „Performance Capture systems“ gearbeitet, bei denen jede Nuance ihrer Performance aufgenommen und im Computer gespeichert wird. Der Animator kann dann diese Performance dem humanoiden Charakter auftragen, die der Schauspieler darstellt. Aber nicht nur das „Leben einhauchen“ ist ein Aspekt, sondern auch dem erstellten Charakter eine Persönlichkeit zu verleihen. Nimmt man als Beispiel den in dem Film „The Abyss“ (1989) erstmalig verwendeten „soft-surface“ CG-Charakter, so kann man sehen (auch wenn der Film als solcher kein großer Erfolg war), dass die Resonanz und die Auswirkungen bezogen auf diesen CG-Charakter enorm waren, denn so etwas gab es bis dahin noch nicht. Es folgten Charaktere wie der T-1000 aus flüssigem Metall in „Terminator 2: Judgement Day“, die Dinosauriern in „Jurassic Park“. Diese Umsetzung war eine Revolution der Filmproduktion. [FAI15]

2.3.3 Arten von Compositing-Software

Um ein Composite zu erstellen, werden spezielle Compositing-Programme verwendet, welche in zwei Typen unterschieden werden, den sogenannten „Node-based“- und „Layer-based“-Programmen. Die beiden Typen unterscheiden sich grundlegend im Aufbau des GUI (Graphic User Interface) bzw. der Oberfläche des Programms.

Bei den Layer-basierenden Programmen werden die verschiedenen Anwendungen bzw. Operatoren/Filter auf die einzelnen Ebenen angewendet, die wiederum in einer Timeline angeordnet werden. Um die einzelnen Anwendungen anzusehen, muss die betreffende Ebene „aufgeklappt“ werden. Node-basierende Programme operieren mit einem Flussdiagramm bzw. einer Baumstruktur, das die Grundlage aller Anwendungen bildet, und in das die Ebenen eingeladen werden können. Das Flussdiagramm zeigt die Reihenfolge der verschiedenen Operatoren als Nodes, so dass diese jederzeit betrachtet und bearbeitet werden können. Ein typisches Beispiel für ein Layer-basierendes Compositing-Programm wäre beispielsweise Adobe After Effects, Beispiele für Node-basierende Programme wären Nuke und Digital Fusion. Mittlerweile bieten jedoch fast alle Compositing-Programme Flussdiagramme an, so dass die Grenze zunehmend verschwimmt. Allerdings sind nicht alle Flussdiagramme gleichermaßen effizient einsetzbar. [DUM10]

Da ein Composite vorwiegend aus Ebenen besteht (die aus 2D- und 3D-Objekten und deren Platzierung im Raum bestehen) und aus diesen ein harmonisches Ganzes zusammengefügt werden soll, wird nachfolgend u.a. auf Transformationen, Animationen, Interpolationsarten, Verzerrungen, digitale Filter, Übertragungsmodi, Maskenerstellung und Keying, die reale und die virtuelle Kamera, Tracking sowie auf Licht und Beleuchtung, CG-Objekte im Compositing und die Ausgabe eines Projekts eingegangen.

2.3.4 Arbeitsauflösung, Schutzbereiche und Hilfslinien

Arbeitsauflösung

Als Arbeitsauflösung wird die örtliche Auflösung der Quellmaterialien bezeichnet. Es wird oft mit einer größeren Arbeitsauflösung gearbeitet (von Beginn an), um spätere Verluste kompensieren zu können. Somit ist auch die (finale) Ausgabe-Auflösung⁸³ nach dem Rendering meist geringer.

Schutzbereiche (Aktions- und Titelbereich)

Als Schutzbereich oder auch Sicherheitsbereich wird der Teil innerhalb der Film- oder Bildaufnahme bezeichnet, in dem sichergestellt wird, dass bestimmte wichtige Bildinformationen auch sichtbar sind. Es wird unterschieden in Aktions- und Titelbereich. Als sicherer Aktionsbereich (Action Safe) bzw. sichtbarer Bereich wurden 96,5%⁸⁴ des Bildes als Standard definiert, damit bei der Darstellung auf verschiedenen Wiedergabegeräten bei geringem Abschnitt im Randbereich keine Bildelemente für den Betrachter verloren gehen. Somit sollten wichtige Bildelemente (alle Aktionen der Handlung) auch nur innerhalb dieses Bereiches platziert werden.

⁸³ Die Größe des Bildfensters wird durch die Auflösung des Ausgabeformats festgelegt.

⁸⁴ Kein offizieller Standard, eher ein standardisiertes Verfahren. Früher wurden bei Röhrenfernsehern 90% für den Aktionsbereich festgelegt, da diese Fernseher bei großen Helligkeitsschwankungen nach innen und außen Verzerrungen aufgewiesen haben und man auch keine schwarze Balken oder andere Störstreifen an den Rändern haben wollte.

Als Titelbereich wurde 80% für SD-TV und 95% bei HD-TV des Bildes definiert (siehe nächste Abbildung), in dem Text- und Grafikelemente platziert werden sollten. In den verschiedenen Compositing-Programmen kann man sich entsprechende Bereiche in Form von Hilfslinien anzeigen lassen.

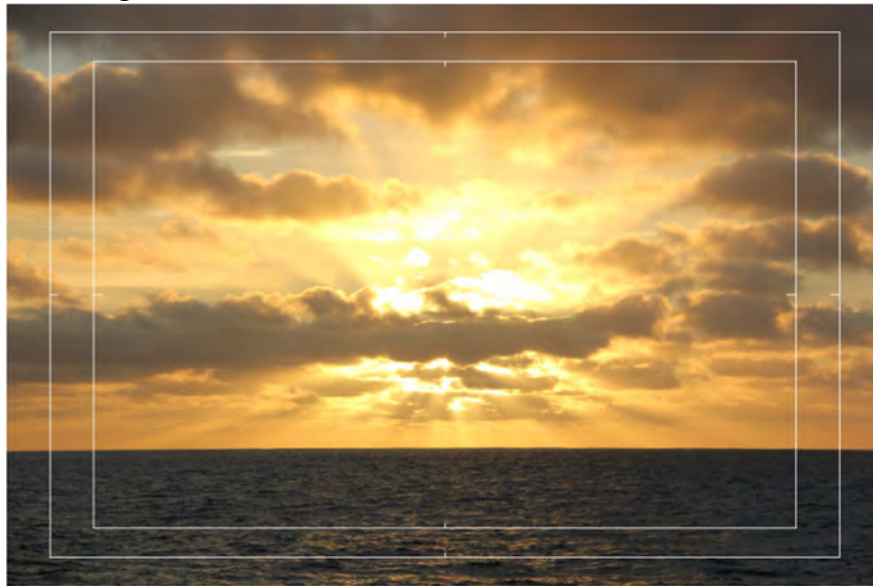


Abbildung 2.19 Action und Title Safe für HD-TV

Der Grund für die geringere Größe des Aktions- und Titelbereichs für SD-TV ist historischer Natur. Früher variierte die dargestellte Bildgröße etwas und um sicherzugehen, dass die Titel oder Grafiken auch auf den schlechtesten Fernsehgeräten dargestellt werden, war es notwendig, diese in 80% des Bildes zu platzieren. Heutige Fernsehgeräte (Plasma-, OLED- oder LCD-Fernseher) sind einheitlicher und verzerren das Bild nicht, weshalb hier 95% des Bildes für den Titelbereich genutzt werden, und trotzdem findet diese Praxis für den Titelbereich weiterhin auch hier Anwendung. [WRI11]

Hilfslinien und Grids

Die meisten Compositing-Programme bieten dem Benutzer neben der Anzeige des Titelbereichs die Möglichkeit, Hilfslinien (horizontal und vertikal) einblenden und ggf. auch zu platzierende Objekte an diesen „andocken“⁸⁵ zu lassen. [DUM10]

⁸⁵ Aktivierung von „Snapping“

2.3.5 Geometrische Transformationen

Diese Transformationen sind alle Anwendungen, bei denen den Pixel des Bildelements ein neuer Platz in der Matrix des Rasterbildes⁸⁶ zugewiesen wird⁸⁷.

Zu den geometrischen Transformationen gehören:

- Translation/Verschieben/Positionieren⁸⁸
- Skalierung⁸⁹
- Drehen/Rotation⁹⁰
- Kantenverschiebung⁹¹

Werden verschiedene Transformationen durchgeführt, so wird empfohlen, mit den Translationen zu beginnen, anschließend Rotationen durchzuführen und erst zum Schluss Skalierungen vorzunehmen.

2.3.6 Bildgestaltung/Bildkomposition

Als Grundlage zur Bildgestaltung/Bildkomposition gilt die Wahl der Auflösung und des Seitenverhältnisses. Wie schon erwähnt, werden beim digitalen Compositing verschiedene Elemente zu einem neuen harmonischen und sinnvollen Bild zusammengefügt. Für die Filmbildkomposition gibt es viele Elemente, die in den Überlegungen und Planungen Beachtung finden. Dazu zählen Elemente, wie der goldene Schnitt«, symmetrischer, diagonalen und radialen Bildaufbau, Linien, Formen, Balance, Bewegungen, Schwerkraft, Einheit, Center of Interest, Fokus und partieller Fokus, die Bedeutung von Licht, Schatten und Farbe für die Bildkomposition, Blickrichtungen, Rahmen, Größe und Platzierung der Elemente, die Bedeutung von Hintergründen, die Erzeugung der Illusion von Tiefe innerhalb des zweidimensionalen Bildes sowie die Schöpfung einer abwechslungs- oder spannungsreichen Bildkomposition. Die verschiedenen Bildsektoren (Zentrum, Oben, Unten, Rand) und der Off-Screen-Raum haben auch Auswirkungen auf die Bildkomposition. [DUM10]⁹²

Ein spezielles gestalterisches Mittel, auch im Bereich Compositing, ist das Wiederholen verschiedener Bildelemente. So können u.a. aus sich wiederholenden Elementen und deren Variationen (urbane) Landschaften erzeugt werden. Auch die Erschaffung von Doppelgängern oder auch *crowd replication* nutzt dieses Mittel.

Auch die Überblendung⁹³ (auch als *Mix* bezeichnet), bei der weitere Elemente in das Bild eingeblendet und vor der virtuellen Kamera des Composites voreinander gestapelt werden, ist ein weiteres gestalterisches Mittel. Hierdurch können Invertierung, Reflektion und Schatten zur gewünschten Darstellung genutzt werden.

⁸⁶ Engl.: Pixelarray

⁸⁷ Gilt auch für das Platzieren/Rotieren/Verzerren/etc. von Objekten im 3D-Raum, welches durch viele Compositing-Programme angeboten wird.

⁸⁸ Engl.: pan oder reposition

⁸⁹ Vergrößerungen machen Bild weicher, Verkleinerungen schärfer.

⁹⁰ Drehpunkt kann vorher festgelegt werden. Auswahl der möglichen Achsen bei Rotation, Kombinationen möglich. Angabe/Messung in Grad.

⁹¹ Engl.: Shearing

⁹² Für detaillierte Informationen sei auf die Publikation „Motion Graphics Design. Applied History and Aesthetics“ von Jon Krasner und Butterworth Heinemann verwiesen.

⁹³ Engl.: Superimposition. Diese Überlagerung kann als fotorealistische oder stiliertes Composite, als Collage oder auch mit grafischen Elementen erfolgen.

Weiter ist die Verwendung eines oder mehrerer Split-Screens innerhalb des Bildbereiches (Bildfensters) ein Mittel zur Bildgestaltung. Hierauf wird später detaillierter eingegangen.

2.3.7 Animation

Animation ist technisch betrachtet eine Abfolge von Einzelbildern, die in entsprechend schneller Wiedergabe ruckelfrei als flüssige Bewegung (min. 15 Bilder/Sekunde) dargestellt/wahrgenommen wird⁹⁴. Auch wenn ein Compositor gelegentlich animieren muss und Animation und digitales Compositing Berührungspunkte aufweisen, sind im professionellen Bereich beide Arbeitsfelder meist voneinander getrennt. Animationen sind recht zeitaufwendig und arbeitsintensiv.

Wenn Bildelemente einer Animation zu einem bestimmten Zeitpunkt erscheinen⁹⁵, wird dieses Erscheinen „**Birth**“ genannt. Die Dauer, die das Element sichtbar ist, wird „**Life**“ und das Verlassen „**Death**“ genannt. Wann und wie lange Clips und Elemente im Compositing dargestellt werden, wird aus der **Timeline** grafisch ersichtlich. Die Zeitangabe dort kann (in den meisten Applikationen) durch Einzelbilder (Frames) oder den Timecode erfolgen⁹⁶. Ein weiterer zu beachtender Punkt ist die Wahl, ob Bewegungen in Einzelbildern/Frames oder in Halbbildern zu errechnen sind⁹⁷. [DUM10] Auch die Bedeutung von **Keyframes** sei hier erwähnt, da diese für Animationen wichtig sind.

„Ein Keyframe legt für einen bestimmten Zeitpunkt bzw. ein bestimmtes Phasenbild einen Wert für eine Eigenschaft einer Ebene fest. Für die Animation einer Eigenschaft des Elements werden verschiedene Werte anhand von Keyframes über einen bestimmten Zeitraum definiert.“ [DUM10]

Diese Eigenschaft kann z.B. die Definition einer Transformation, der Deckkraft oder einer Filtereigenschaft/ Filter, Keyen, Farbkorrektur etc. sein.

Für eine Animation eines Parameters müssen mindestens zwei Keyframes definiert werden, damit eine Änderung sichtbar wird. Bei nur einem Keyframe würde die Ebene im voreingestellten Transformationswert für die Dauer des Clips dargestellt werden und sich somit nicht ändern.

Die Darstellung der Keyframes kann auf verschiedene Art erfolgen. Zum einen mit einer Übersichtsdarstellung, in der ersichtlich ist, wie viele Keyframes wo und wann gesetzt sind. Zum anderen gibt es meist eine Wertekurve, in der die Werte des Parameters über den zeitlichen Verlauf dargestellt und auch verändert werden können. [DUM10]

Änderungen von Parametern, Bewegungsverläufe und Timing

Grundsätzlich können Bewegungen linear und nicht linear verlaufen (linear bei maschinellen oder mechanischen Vorgängen und nicht linear bei natürlichen Objekten). Bei natürlichen Objekten ist der Wechsel von Geschwindigkeit oder Richtung grundsätzlich fließend und nicht abrupt.

⁹⁴ Folglich ist Film Animation.

⁹⁵ Möglichkeiten: „hineinwandern“ von einer der Seiten in das Bildfenster, über Transparenz einblenden, hinter einem anderen Element hervortreten, hineinmorphen oder auch sofort sichtbar sein.

⁹⁶ Die Einstellung der Zeiteinheit wird entsprechend der Bildgeschwindigkeit gewählt (25fps, 29,97fps oder 24fps).

⁹⁷ Folge: Bewegungen verfügen über entsprechend unterschiedliche Bewegungsauflösungen.

Der Begriff „Timing“ bezeichnet in diesem Zusammenhang die Anpassung der Bewegung eines Elements an die gesamten Bewegungsabläufe der Einstellung (andere Elemente, Kamerabewegung) sowie zumindest die grobe Berücksichtigung und Herausarbeitung des Elementcharakters in der Gestaltung der Bewegung. Wichtige Werkzeuge sind hierbei der Einsatz von Bewegungswiederholung, Variation und Akzentuierung. [DUM10]

Eine Pause in der Animation unterbricht den Verlauf (einer Bewegung) kurz oder länger und kann dadurch die Spannung steigern oder Erwartungen wecken (welche z.B. dann bewusst nicht erfüllt werden). Außerdem kann dadurch eine Animation natürlicher und weniger mechanisch wirken. Je nach gewünschtem Ergebnis können Bewegungen übertrieben, stilisiert oder realistisch gestaltet werden (Beispiel Figur Road Runner).

Auch besteht die Möglichkeit Kamerabewegungen zu simulieren. Hierfür bieten viele Applikationen eine frei anwählbare, editierbare Kamera an (z.B. simulierter Kameraschwenk)⁹⁸. [DUM10]

2.3.8 Parameterwertänderung durch Interpolation

Interpolation ist ein wichtiges (und dank der computergestützten Animation ein teilweise automatisiertes) Mittel zum „Ausfüllen von Lücken“ auf Basis der vorliegenden Daten/Werte und der Interpolationsmethode, mit der die fehlenden Zwischenwerte errechnet werden. Interpolation kommt bei verschiedenen Anwendungsgebieten zum Einsatz. So wird dieses Mittel zur Errechnung von Zwischenwerten von Parametern zwischen zwei Keyframes⁹⁹ (z.B. Veränderung der Positionswerte bei Bewegung), bei der Errechnung von Bewegungsabläufen zwischen Kontrollpunkten von Bewegungspfaden¹⁰⁰ und bei der Erzeugung von zusätzlichen neuen Pixel¹⁰¹ verwendet/eingesetzt. Bevor man jedoch interpolieren kann, müssen Keyframes definiert werden, zwischen denen die neuen Zwischenwerte interpoliert werden. Keyframes sollten dort gesetzt werden, wo eine einzelne Parameteränderung beginnt und/oder endet. Durch Interpolation zwischen den Keyframes wird eine flüssige Bewegung zwischen diesen definierten Punkten erzeugt/generiert. Oft sind in den entsprechenden Applikationen vorgefertigte Interpolationen wählbar, die noch weiter angepasst werden können.

Bei Interpolation zur Errechnung von Zwischenwerten von Parametern zwischen zwei Keyframes (zeitliche Interpolation) wird bestimmt, wie sich die Werte für einen Parameter zwischen Keyframes verändern bzw. verhalten.

Zur grafischen Visualisierung dient hier die sog. Werte- oder Animationskurve, welche die Wertveränderung aufzeigt. [DUM10]

⁹⁸ Sollte die genutzte Applikation dieses nicht bieten, kann man einen Kameraschwenk auch mittels Animation der Positionswerte von einer Ebene erreichen.

⁹⁹ Zeitliche Interpolation

¹⁰⁰ Geometrische Interpolation

¹⁰¹ Örtliche Interpolation

Typische Interpolationsmethoden

Nachfolgend werden typische Interpolationsmethoden aufgezeigt:

Konstante Interpolation

Hier findet keine Interpolation statt, da nur eine Linie mit konstantem Wert zw. den Keyframes gezeichnet wird. Somit wird der entsprechende Wert solange beibehalten, bis der nächste Keyframe erreicht wird.

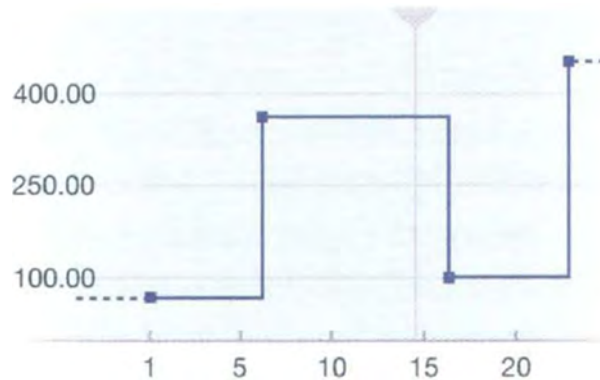


Abbildung 2.20 Konstante Interpolation - Wertkurve [DUM10]

Lineare Interpolation

Dabei wird eine Linie von einem zum anderen Keyframe gezogen, so dass die Werteänderung ohne zeitlichen Änderungsgrad zw. den Werten verläuft. Die Veränderung beginnt unmittelbar bei dem auf den Keyframe folgenden Bild, setzt sich mit den interpolierten Werten fort und stoppt abrupt mit dem letzten Keyframe oder wie in der nächsten Abbildung dargestellt findet ein abrupter Bewegungsumbruch statt¹⁰². Diese Interpolationsart wirkt recht mechanisch, da es hier keine Beschleunigung oder Verlangsamung der Wertekurve gibt. [DUM10]

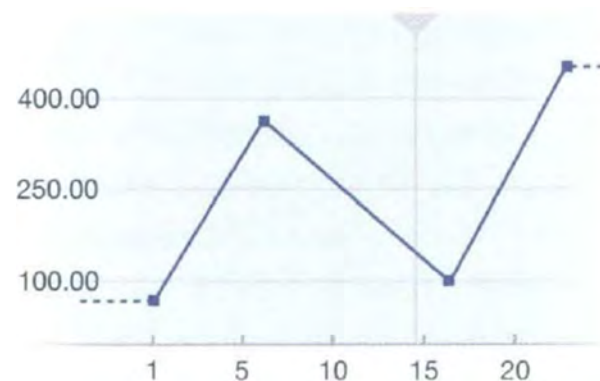


Abbildung 2.21 Lineare Interpolation - Wertkurve [DUM10]

¹⁰² Bei Keyframes, wo sich Werte ändern, entstehen eckige Winkel und keine Kurven.

Kubische Interpolation

Hier werden die Werte zw. den Keyframes als bestmöglich weiche Kurve errechnet. Die Rundungen können nicht separat gesteuert werden, sondern nur anhand der Positionsänderung der Keyframes in der Wertekurve.

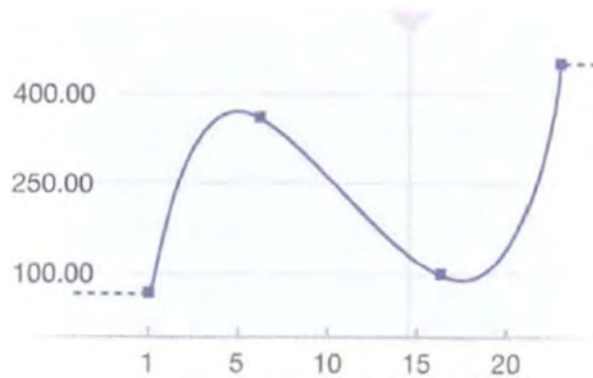


Abbildung 2.22 Kubische Interpolation - Wertkurve [DUM10]

Bézier-Interpolation

Bei dieser sehr häufig angewendeten Methode werden auch weiche Kurven gezogen, die jedoch anhand von Tangenziahaupten angepasst werden können, welches eine sehr genaue Steuerung ermöglicht.

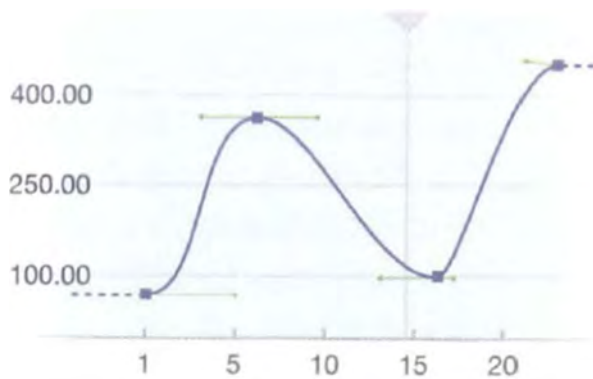


Abbildung 2.23 Bézier-Interpolation - Wertkurve [DUM10]

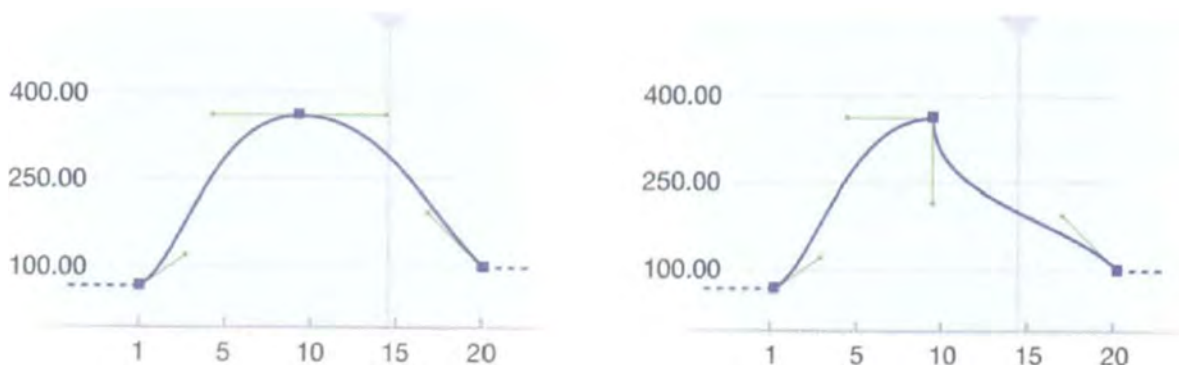


Abbildung 2.24 Bézier-Interpolation – Wertkurve ohne und mit veränderten Tangenziahaupten [DUM10]

Hermite-Interpolation

Es werden ebenfalls weiche Kurven gezeichnet, jedoch kann hier nur die Richtung, nicht aber die Länge der Tangenziehpunkte verändert werden. [DUM10]

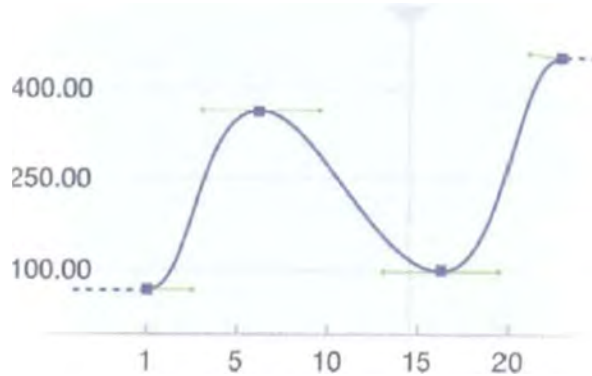


Abbildung 2.25 Hermite-Interpolation - Wertkurve [DUM10]

Gemischte Interpolation

Dabei werden verschiedene Interpolationsmöglichkeiten verwendet, die sich auf den ausgewählten Parameter (Eigenschaft) auswirken.

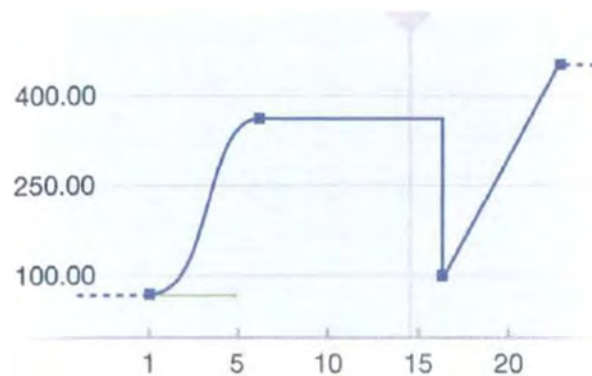


Abbildung 2.26 Gemischte Interpolation - Wertkurve [DUM10]

Geschwindigkeitsänderung

Die Geschwindigkeit bzw. deren Änderung kann anhand der Funktionen „Ease in“ und „Ease out“ geregelt werden. Bei „Ease in“ erhöht sich die Geschwindigkeit eines Objekts zu Beginn nur langsam.

Bei „Ease out“ verringert sich die Geschwindigkeit eines Objekts langsam.

Bei beiden Änderungen gilt: Je steiler die Kurve, desto stärker ist die Änderung. [DUM10]

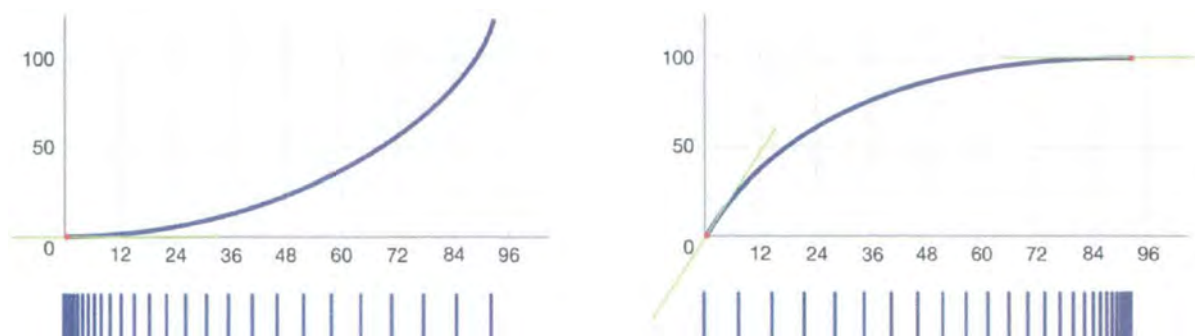


Abbildung 2.27 Geschwindigkeitsänderung – Wertkurven, links „Ease in“ und rechts „Ease out“ [DUM10]

Extrapolationsarten

Manchmal ist es notwendig, außerhalb des Interpolationsbereiches¹⁰³ den Verlauf der Wertkurve zu bestimmen. Jedoch ist dieses nur dann möglich, wenn über den durch Keyframes eingegrenzten Bereich hinaus noch weitere Bilder vorhanden sind. Hierfür bieten manche Applikationen verschiedene Methoden der Extrapolation an, welche bei zyklischen Effekten sehr hilfreich sind. Dabei wird die vorhandene Animation auf die übrigen Bilder des Clips anhand der ausgewählten Methode angewendet. Vorteilhaft bei der Anwendung von Extrapolation ist, dass nur wenige Keyframes in einem Teilbereich eines Clips gesetzt werden müssen, um die Animation für den gesamten Clip zu erstellen. [DUM10]

Nachfolgend werden typische Extrapolationsmethoden aufgezeigt.

Umkehren¹⁰⁴

Die Interpolation wird rückwärts wiederholt.

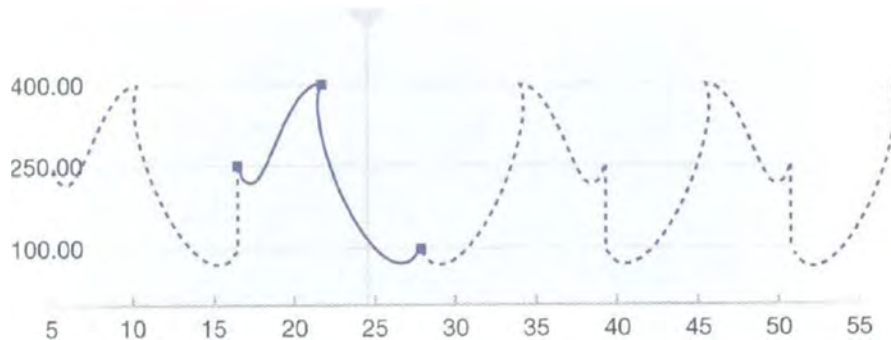


Abbildung 2.28 Umkehr-Extrapolation – Wertkurve [DUM10]

Konstant¹⁰⁵

Hier wird der erste oder der letzte Wert auf die übrigen Bilder vor und nach den Keyframes angewendet.

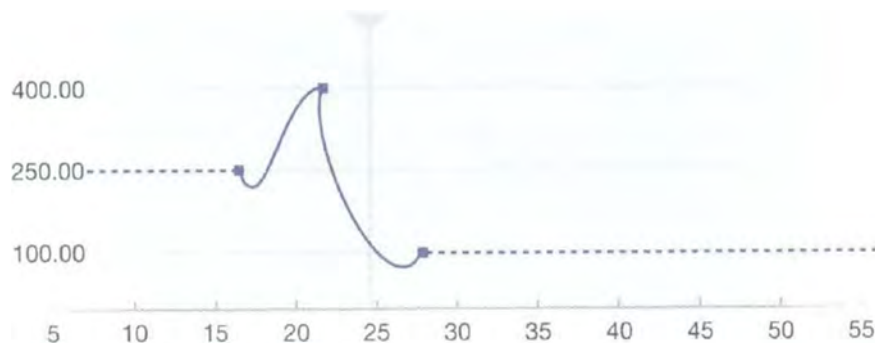


Abbildung 2.29 Konstante-Extrapolation – Wertkurve [DUM10]

¹⁰³ Vor dem ersten und nach dem letzten *Keyframe*.

¹⁰⁴ Engl.: Reverse

¹⁰⁵ Engl.: Constant

Schleife¹⁰⁶

Für den Extrapolationsbereich wird zyklisch interpoliert.

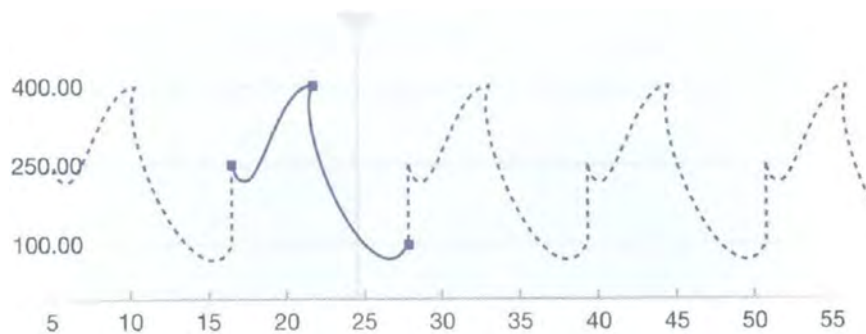


Abbildung 2.30 Loop-Extrapolation – Wertkurve [DUM10]

Ping Pong

Die Extrapolationskurve bei jeder Wiederholung gespiegelt.

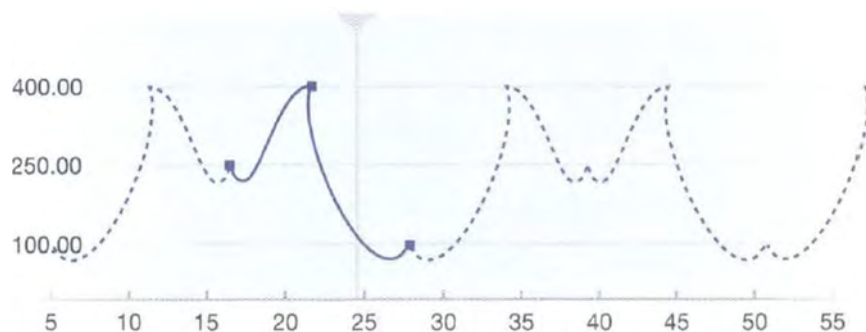


Abbildung 2.31 Ping Pong-Extrapolation – Wertkurve [DUM10]

Hilfreich im Anschluss an eine Extrapolation (und die dadurch entstandene Bewegung) ist die Konvertierung dieser in eine Animationskurve mit Keyframes. Diese Keyframes können dann editiert werden. Neben dem Ändern, Löschen oder Hinzufügen von Keyframes können nun auch mathematische Operatoren auf die Wertekurve insgesamt oder auf Bereiche angewendet werden. Wichtige Operatoren werden nachfolgen aufgezeigt. [DUM10]

Negativ

Die jeweiligen Werte der Animationskurve werden invertiert.

Umkehren

Dabei verlaufen die jeweiligen Werte rückwärts.

Glätten

Hier wird die Ergebniskurve nach Anwendung dieser Methode insgesamt glatter.

Vereinfachen

Die Anzahl der Keyframes wird dabei auf deren Mindestzahl reduziert, um den groben Verlauf der Kurve zu erhalten. Dies eignet sich gut, wenn eine Bewegung zittert und zu viele Keyframes vorhanden sind.

¹⁰⁶ Engl.: Loop

X- und Y-Translate und Scale

Hier wird die Wertekurve insgesamt oder in Teilbereichen auf der horizontalen oder vertikalen Achse verschoben oder skaliert.

Wackler beseitigen

Es werden Wackler/Zittern bzw. „Ausreißer“-Keyframes beseitigt.

Durchschnitt

Dabei wird eine Durchschnittskurve auf Grundlage von mehreren Eingabedatensträngen (Wertekurven) ausgegeben.

Verwackeln

Kleine Abweichungen der Wertekurve werden hinzugefügt, um z.B. einen unruhigen Bildstand zu simulieren oder das Wackeln einer Handkamera nachzubilden.

Generell sollte innerhalb der Compositing-Applikation auch die Möglichkeit bestehen, einzelne Keyframes oder auch Animationsbereiche innerhalb von Wertekurven zu kopieren, einzufügen oder auszutauschen.

2.3.9 Bewegungspfade

Um ein Element zu animieren oder eine Bewegung zu erzeugen, wählt man oft das Werkzeug „Bewegungspfad“, das eine einfache und schnelle Möglichkeit zur Steuerung (über den Bewegungsverlauf eines Elements) erlaubt und bei fast allen Compositing-Applikationen verfügbar ist. Hier werden eine oder mehrere Ebenen mit einer Kurve (Kurve, gerade Linie oder Kombinationen) verknüpft, welche dann den Verlauf der Bewegung der Ebene bestimmt. Der einfachste Bewegungspfad ist eine gerade Linie zwischen zwei Keyframes, die im Gegensatz zur Spline (bzw. B-Spline) oder Bézier-Kurve seltener Verwendung findet. Durch Tangenzienpunkte (Kontrollpunkte) können der Verlauf und die Form des Bewegungspfads angepasst werden.

Abhängig von der Applikation kann der Bewegungspfad auch interaktiv bearbeitet werden, was die Anpassung der Bewegung eines Elements an die Gegebenheiten des Hintergrunds erleichtert. [DUM10]

Wie bei der Bearbeitung von Keyframes, kann man auch die Kontrollpunkte des Bewegungspfads verschieben, was hier eine Änderung der Bewegungsparameter des Elements zur Folge hat. Somit lässt sich anhand dieser Kontrollpunkte der Bewegungsverlauf bestimmen und steuern. Auch besteht bei einigen Applikationen die Möglichkeit, mit Pen und Grafiktablett Bewegungspfade in Echtzeit digital in einem Zug zu zeichnen und in Abhängigkeit des ausgeübten Drucks die diversen Parameter zu steuern. Anschließend kann dieser Bewegungspfad weiter editiert werden.

Grundsätzlich sollten Bewegungspfade eines Elements auf andere Elemente übertragbar sein, auch aus anderen Spline-Anwendungen (z.B. durch Rotosplining) und Bewegungspfade aus anderen Programmen sollten importiert werden können.

2.3.10 Expressions

Expressions können dann eingesetzt werden, wenn eine funktionale Beziehung zwischen zwei Parametern (Eigenschaften) einer oder mehrerer Ebenen hergestellt werden soll. So können Elemente durch Verwendung von (einfachen oder komplexen) mathematischen Funktionen bewegt/ animiert werden, ohne dass Keyframes gesetzt werden. Somit kann mit einer einzelnen Expression eine Eigenschaft einer Ebene gesteuert werden (die Eigenschaft, der die Expression zugewiesen wurde). Jeder Eigenschaft muss eine Expression zugewiesen werden. Hierfür werden Skripte genutzt¹⁰⁷, die bei eigener Erstellung (Programmierung) entsprechende Vorkenntnisse voraussetzen. Viele Applikationen bieten vorgefertigte Expressions an, die den jeweiligen Wünschen angepasst werden können. Auch ist es meist möglich, Wertekurven nach Anwendung von Expressions in Animationskurven (mit Keyframes) zu konvertieren sowie Expressions zu importieren und auch zu exportieren¹⁰⁸. Der Bearbeiter kann bei der Erzeugung von Bewegungen durch den Einsatz von Expression sehr viel Arbeit und Zeit sparen. Anwendungsschwerpunkt ist hier die Animation von Partikeln (Rauch, Regen, Nebel, Feuer). [DUM10]

2.3.11 Nullobjekte, Vererbung und Zusammenfassen von Ebenen

Nullobjekt

Nullobjekte dienen als Träger von Transformationsinformationen, können von einem Element auf ein anderes angewendet werden¹⁰⁹, enthalten keine Pixelinformationen sowie keine Dimensionen und werden bei der endgültigen Ausgabe nicht gerendert.

Bei Animationen können einfach die Nullobjekte kopiert werden, es müssen nicht die einzelnen Keyframes einer Animation kopiert werden. Nullobjekte werden oft in 3D-Applikationen verwendet. [DUM10]

Vererbung (Parenting)

Hierdurch können hierarchische Strukturen zwischen Ebenen/Elementen hergestellt werden, wobei sich die Hierarchie nur von oben nach unten auswirkt. Ist die übergeordnete Ebene, die Parent-Ebene, beispielsweise ein Nullobjekt, so wirkt sich diese bei Animation auf die untergeordnete Ebene (oder mehr), die Child-Ebene, aus. Die Child-Ebene kann auch animiert sein (eigene Bewegungen haben), jedoch wirken sich Änderungen in dieser Ebene (oder Ebenen) nicht auch auf die Parent-Ebene aus.

¹⁰⁷ Beispielsweise mit JavaScript

¹⁰⁸ Expression wird dann als Textdatei ausgegeben und geladen.

¹⁰⁹ Durch Abtrennen und Neuordnen.

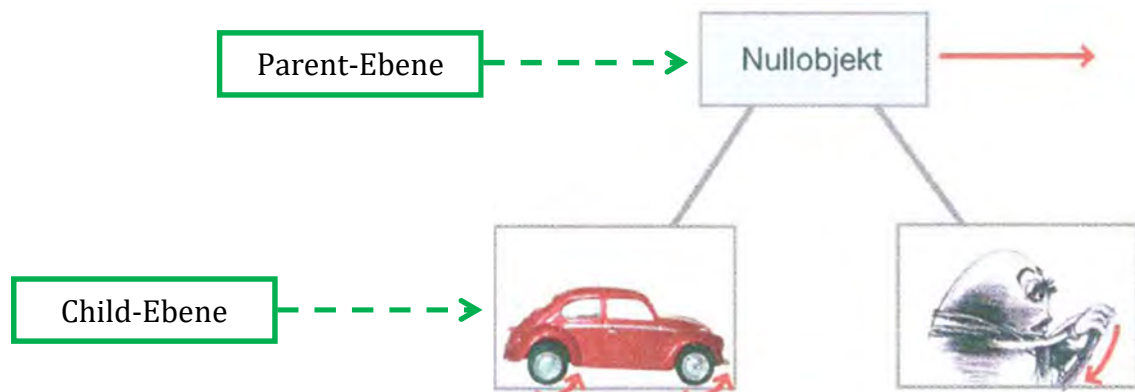


Abbildung 2.32 Parenting [DUM10]

Verschachteln und Zusammenfassen von Elementen

Um mehreren Elementen eine gesamte, relative Bewegung zuzuordnen, können diese zu einem Objekt verbunden werden, was als „Verschachteln“¹¹⁰ bezeichnet wird.

Auch beim „Zusammenfassen“¹¹¹ von Elementen zu einer Gruppe, kann die Gruppe gesamt animiert werden. Der Unterschied zum Verschachteln besteht darin, dass sich das Verschachteln auf das Verbinden von unter- und übergeordneten Objekten bezieht, das Zusammenfassen zu einer Gruppe hingegen auf Elemente, die gleich geordnet sind.

Bei beiden Verfahren sollte weiterhin die Möglichkeit bestehen, auf einzelne Elemente zugreifen zu können.

2.3.12 Verzerrungen

Verzerrungen (Verformungen) dienen der Änderung von Form und Struktur¹¹² eines 2D-Bildes¹¹³, welche in Form von vielen verschiedenen Verzerrungsmethoden von Compositing-Applikationen angeboten werden.

Nachfolgend wird auf einige wichtige Methoden eingegangen.

Kantenverschiebung¹¹⁴

Hier kann die Form eines Elements entlang einer oder mehrerer Achsen verändert werden. Ausgehend vom Standardwert (Eckwinkel bzw. Bildecke beträgt 90 Grad) kann das Bild anhand von Kantenverschiebung vergrößert oder verkleinert werden. [DUM10]

Diese Methode findet Anwendung bei der Anpassung von Schatten oder Masken, indem diese schräg verzerrt werden.

¹¹⁰ Engl.: Nesting; Beispiel: Im Composite verschiedene Ebenen zu einem Objekt verschachteln und dann Objekt insgesamt bewegen.

¹¹¹ Engl.: Grouping

¹¹² Keine Veränderung der Farbwerte.

¹¹³ Engl.: Plane

¹¹⁴ Engl.: Shearing



Abbildung 2.33 Kantenverschiebung (vertikal, horizontal sowie vertikal und horizontal) [DUM10]

Eckpunkte verschieben¹¹⁵

Indem die Eckpunkte eines Bildes verschoben werden, wird eine Verzerrung erreicht. Den Eckpunkten wird eine neue Position zugewiesen und dem Betrachter dadurch eine leichte Veränderung der Perspektive vorgetäuscht. Einsatz findet diese Methode, wo Elemente auf einer Oberfläche (wie Fernseher oder Bilderrahmen etc.) platziert werden sollen. Sollte die Oberfläche sich bewegen, muss das zu platzierende Bild auf der Oberfläche getrackt werden.



Abbildung 2.34 Beispiel Eckpunkte verschieben; Originalbild (oben links), mit verschobenen Eckpunkten (unten links) und Ergebnisbild (unten rechts) [ABC02]

¹¹⁵ Engl.: Corner Pinning; eine bilineare Verzerrung

Bézier-Verkrümmung¹¹⁶

Hier können sehr flexibel neben den Eckpunkten auch die Linien zwischen den Eckpunkten eines 2D-Bildes anhand von Bézier-Kurven verzerrt und gebogen werden. Wird im 3-D-Raum gearbeitet, kann man mit einem 2D-Bild und der Anwendung dieser Methode einen 3D-Körper erstellen. [DUM10]

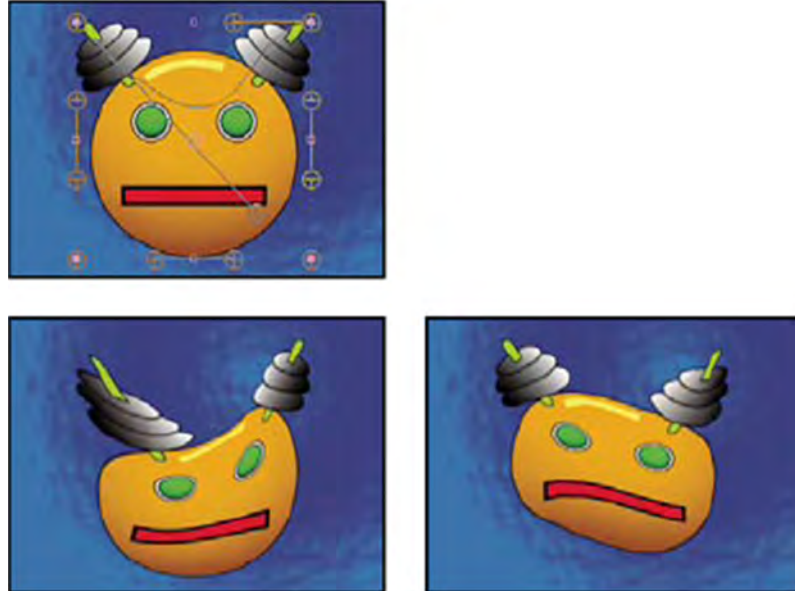


Abbildung 2.35 Bézier-Verkrümmung; Original (oben links) und Beispiele (unten) [ABC02]

Warper

Im Gegensatz zu den vorher genannten linearen Verzerrungsmethoden bewirken Warper nicht-lineare Deformationen, die auch auf Teilbereiche eines Bildes angewendet werden können.



Abbildung 2.36 Beispiel Warper (Strudelfilter) [DUM10]

¹¹⁶ Eine bikubische Verzerrung

Gitterverzerrung

Bei dieser einfachen Methode eines Warpers können die Kreuzungspunkte eines Gitternetzes, das über das Bild gelegt wird, bewegt und so entsprechende Pixel des Bildes verzerrt werden. Die Linien (Splines¹¹⁷) zwischen den Kreuzungspunkten und somit die Bereiche im Bild werden bei Verschiebung der Kreuzungspunkte dann mit schönen Rundungen verzerrt. Andernfalls hätte man nur eine konstante Verzerrung in dem zu bearbeitenden Bereich, was nicht „natürlich“ aussehen würde. Problematisch ist die Gitterverzerrung, wenn der Bereich, den man bearbeiten möchte nicht auf den Kreuzungspunkten liegt. Diese Methode ist geeignet, um schnelle und einfache Verzerrungen zu erstellen (z.B. Schatten anpassen). Soll ein Warp animiert werden, so wird das Gitternetz mit Keyframes versehen und zwischen den Keyframes interpoliert. [DUM10]

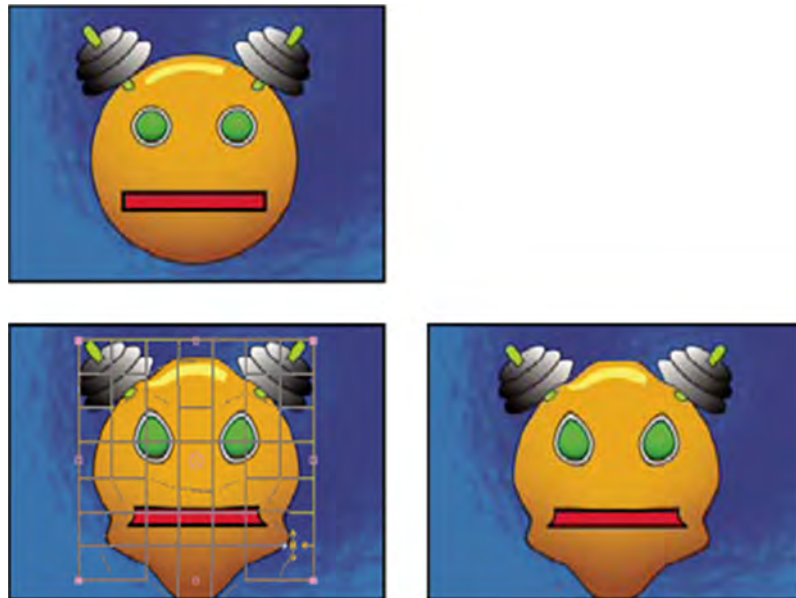


Abbildung 2.37 Beispiel Gitterverzerrung: Original (oben links), mit Verzerrungsgitter (unten links) und Ergebnisbild (unten rechts) [ABC02]

¹¹⁷ Spline: Linie oder Kurve mit verschiedenen, hintereinander geschalteten Kontrollpunkten, anhand derer man die Form der Kurve beeinflussen kann. [DUM10]



Abbildung 2.38 Beispiel Gitterverzerrung Schatten: oben links: Hintergrund; oben Mitte: Schatten ohne Warp; oben rechts: Gitternetz ohne Warp; unten links: Gitternetz mit Warp; unten Mitte: Schatten mit Warp; unten rechts: anderer Hintergrund [DUM10]

Spline-Warper

Auch bei dieser weiterentwickelten Methode werden Splines verwendet. Jedoch können hier freie Splines auf das Bild gelegt und die Knotenpunkte selbst erstellt werden. Das gibt dem Bearbeiter viel Handlungs- und Bearbeitungsspielraum bei besseren Steuerungsmöglichkeiten, damit die Splines dann so mit dem Bild korrelieren, wie es gewünscht wird. [DUM10]



Abbildung 2.39 Beispiel Spline-Warper [DUM10]

Objektivverzerrungen¹¹⁸

Abhängig von den zum Filmen verwendeten Objektiven, führen diese auch zu gewissen Verzerrungen (Extremfall Fisheye-Objektiv). Mit Hilfe eines Warpers können diese durch das Objektiv entstandenen Verzerrungen (die zu den Rändern und Ecken der Bilder zunehmen) wieder entzerrt werden.

Verzerrungen mit Expressions

Auch mit Expressions hat der Bearbeiter die Möglichkeit Verzerrungen herbeizuführen, indem Kontrollpunkte (oder auch Kontrollpunktgruppen) der gewünschten Expression zugewiesen werden.

¹¹⁸ Engl.: Lens Distortion

Displacement

Mit Displacement ist die Verschiebung eines Bildes (bzw. 2D-Oberfläche) anhand der Pixelwerte (Intensitätswerte) eines Graustufenbildes (bzw. einer Maske) gemeint. Auch können RGB-Bilder geladen werden, auch wenn nur die Luminanzinformation ausgelesen wird. Sollte im 3D-Raum gearbeitet werden, so kann auch hier ein Displacement angewendet werden und zwar auf die Z-Achse.¹¹⁹ Oft wird ein Displacement verwendet, um eine Oberfläche an einen anderen Hintergrund anzupassen. [DUM10]

2.3.13 Bewegungsunschärfe

Bei realen Aufnahmen erhalten sich schnell bewegende Objekte¹²⁰ oft eine Bewegungsunschärfe, welche auch bei digitaler Animation von Objekten beachtet und hinzugefügt werden sollte, um das animierte Objekt im Clip glaubwürdig und somit real darzustellen. Entsprechende Filter zur Simulation von Bewegungsunschärfe werden innerhalb von Compositing-Applikationen angeboten.

2.3.14 Resampling/Filtering

Resampling oder Filtering ist der Vorgang, bei dem aus den Farbwerten der Pixel des Eingabebildes nach einer geometrischen Transformation das Ausgangsbild durch eine bestimmte Interpolationsmethode¹²¹ berechnet wird. [DUM10]

Zum Ausfüllen der Lücken werden neue Pixel generiert, was je nach genutztem Algorithmus unterschiedliche Ergebnisse liefert. Das Endergebnis sollte dann in der Bewegung beurteilt werden, um ggf. entstandene Artefakte oder hinzugekommenes Rauschen aufgrund des gewählten Algorithmus zu erkennen und dann bei Bedarf eine andere Interpolationsmethode zu wählen.

Bei Rasterbildern, bei denen nur die Pixel in dessen Matrix neu sortiert werden (und nicht neue Farbwerte von Pixel bzw. Zwischenwerte berechnet werden müssen), ist kein Resampling notwendig¹²².

Ein Resampling geht einher mit einer gewissen Qualitätseinbuße (Schärfeeinbuße), weshalb dazu geraten wird, erst am Ende der vorzunehmenden Transformationen (z.B. Rotation, Skalierung usw.) das Resampling durchzuführen und nicht nach jedem einzelnen Transformationsschritt.

Generell kann gesagt werden, dass die Auswirkungen des Resamplings (Verlust der Bildqualität) bei steigender Auflösung weniger ins Gewicht fallen und somit weniger auffallen, da beispielsweise harte Kanten eines 2K-Bilder einige Pixel breit und die eines SD-Bildes ca. einen Pixel sind und somit das Resampling bei mehr zu nutzenden Pixel nicht so extrem auffällt.

Resampling-Artefakte

Die Artefakte, die beim Resampling entstehen können sind:

¹¹⁹ So kann z.B. bei Animation eine Wellenbewegung oder eine im Wind flatternde Fahne erstellt werden.

¹²⁰ Durch Bewegung des Objektes selbst oder auch durch eine schnelle Kamerabewegung.

¹²¹ Dem Bearbeiter stehen je nach Applikation verschiedene Algorithmen als Interpolationsmethoden zur Verfügung.

¹²² Rotation um 90 Grad, keine Interpolation notwendig. Rotation um 45 Grad, Interpolation notwendig.

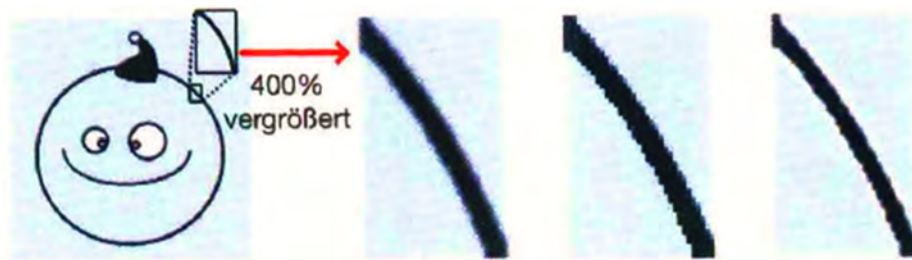


Abbildung 2.40 Beispiel typischer Resampling-Artefakte; von links nach rechts: Original, Schärfeverlust, schlechtes Aliasing und heller Schein [DUM10]

- Schärfeverlust (entsteht bei vielen Resampling-Methoden, vor allem beim Einzoomen)
- Schlechtes Aliasing (Aliasing: Darstellungsproblem von Rasterbildern mit unzureichender Auflösung, bei dem schräge und gekrümmte Linien in harten Stufen¹²³ dargestellt werden. Durch Anti-Aliasing werden umliegende Bildpunkte der schrägen oder gekrümmten Linien mit Helligkeitsabstufungen versehen, so dass die Stufen gemildert werden und hierdurch der Eindruck einer höheren Auflösung erzeugt wird.)
- Heller Schein um die Kanten¹²⁴ (Durch das Resampling kann ein störender heller Schein um die Kanten durch das Verstärken des Kontrasts zwischen Pixeln mit großem Helligkeitsunterschied entstehen.)

Alle Resampling-Algorithmen haben Vor- und Nachteile und können je nach Anwendung unterschiedliche Artefakte in unterschiedlicher Ausprägung hervorrufen. Daher sollte der Bearbeiter entsprechende Kenntnisse über die verschiedenen Filtermethoden haben. Grundsätzlich kann man, dass schnelle (einfache) Algorithmen¹²⁵ weniger hochwertige Ergebnisse liefern und umgekehrt¹²⁶.

Resampling-Methoden

Für ein Resampling wird immer ein bestimmter benachbarter Pixelbereich für die Berechnung herangezogen, um dann anhand einer Durchschnittsrechnung (Interpolation, abhängig von der genutzten Methode) einen neuen Pixel zu errechnen.

Generell gilt, je größer der Einzugsbereich, desto differenzierter erfolgt die Schätzung bei entsprechend steigender Rechenzeit. [DUM10]

Nachfolgend werden die wichtigsten Resampling-Methoden aufgezeigt¹²⁷.

Nearest Neighbor Interpolation

Es wird bezugnehmend auf den zu interpolierenden Pixel der nächstliegende Pixel dupliziert, um einen neuen Pixel zu errechnen¹²⁸. Diese Methode ist sehr schnell, jedoch entstehen hier sehr viele Aliasing-Artefakte, so dass diese Methode nur für Layout-Aufgaben heranzuziehen ist. [DUM10]

¹²³ Treppeneffekt

¹²⁴ Engl.: Edge Halo

¹²⁵ Eher für Layout-Aufgaben

¹²⁶ Hochwertige Methode für endgültige Ausgabe

¹²⁷ Weitere Resampling-Methoden, auf die hier nicht näher eingegangen wird, sind unter anderem Mitchell-, Gaussian-, Sinc-, Spline-Interpolation, Fourier und Lancos, Fraktale Codierung.

¹²⁸ Einfacher Algorithmus, es wird nur ein Pixel einbezogen

Polynomiale oder quadratische Interpolation

Zu dieser Interpolationsmethode gehören die bilinearen und bikubischen Resampling-Methoden.

- Bilineare Interpolation

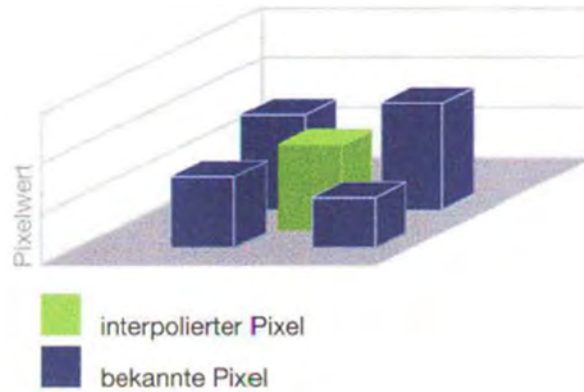


Abbildung 2.41 Bilineare Interpolation: Einzugsbereich [DUM10]

Bei dieser Methode werden vier Pixel für die Berechnung jedes zu interpolierenden Pixels herangezogen und linear der neue Farbwert basierend auf dem Durchschnittswert dieses Bereichs interpoliert. Diese Methode liefert bessere Ergebnisse als die „Nearest Neighbor Interpolation“, jedoch neigt das Ausgabebild dazu, an den Kanten weich zu erscheinen. [DUM10]

- Bikubische Interpolation

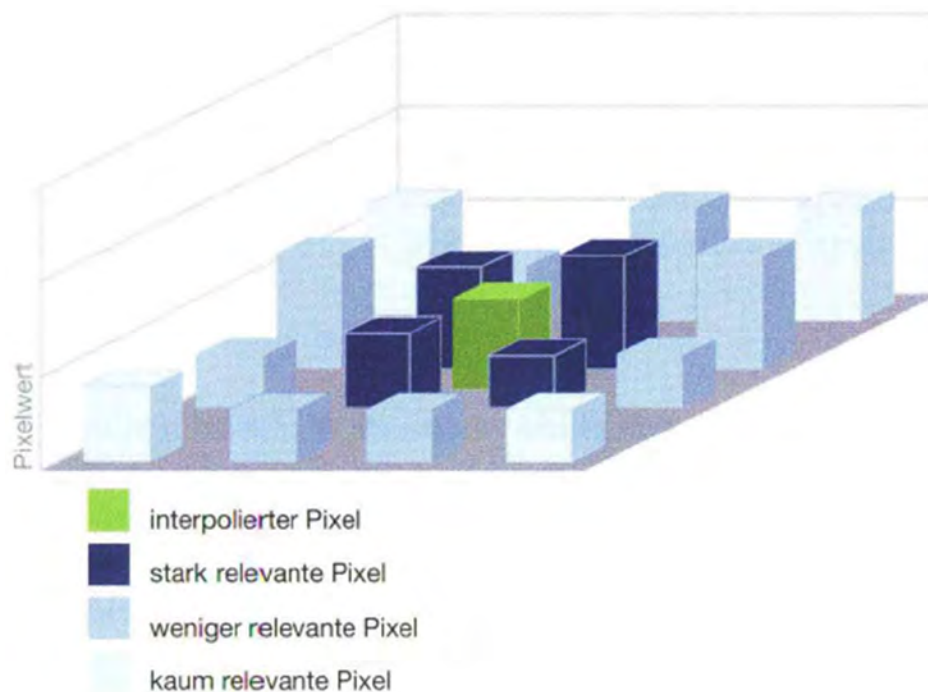


Abbildung 2.42 Bikubische Interpolation: Einzugsbereich [DUM10]

Hier wird ein größerer Bereich, 16 Pixel, für die Berechnung herangezogen. Pixel, die näher an dem zu interpolierenden Pixel liegen, werden stärker in die Durchschnittsberechnung miteinbezogen. Dadurch werden mit dieser Methode schärfere Kanten erzeugt, jedoch kann es auch hier zu den genannten Artefakten kommen. Diese Resampling-Methode ist in vielen Applikationen die Standardanwendung und bietet einen guten Kompromiss zwischen Rechenzeit und Bildqualität. [DUM10]

Adaptive Interpolationsmethoden

Die adaptiven Interpolationsmethoden verbinden mehrere Resampling-Methoden (die oben genannten nicht-adaptiven Resampling-Methoden), um noch bessere Ergebnisse zu erzielen.

Hier werden Algorithmen verwendet, die ermitteln, welche Interpolationsmethode für welchen Bildbereich bessere Ergebnisse liefert. So werden in der Regel Kanten und Bereiche ohne Kanten ermittelt, wodurch dann typische Artefakte speziell an den Kanten vermieden werden. Diese flexible Möglichkeit des Resamplings produziert weniger Artefakte, jedoch kann es auch hier zu störenden Texturen in Detailbereichen kommen. [DUM10]

2.3.15 Digitale Filter und deren Anwendung

Als (digitale) Filter oder Operatoren werden alle digitalen Anwendungen bezeichnet, die das Bild (Pixelgrafik) durch Anwendung bestimmter mathematischer Algorithmen mit Hilfe von einstellbaren Parametern verändern. Sie sollten animierbar und die Animationskurve bzw. deren Verlauf editierbar sein. Deren Verwendung zielt meist auf eine subtile Verbesserung oder Korrektur des Ausgangsmaterials ab, jedoch können digitale Filter auch sehr kreativ eingesetzt werden, um z.B. Fantasiebilder zu erstellen oder abstrakte Effekte einzubauen.

Bei einer subtilen Korrektur werden Filter oft nur auf Teilbereiche und/oder nur auf einzelne Ebenen oder Kanäle dieser Ebenen angewendet¹²⁹. [DUM10]

Grafik- und Compositing-Applikationen bieten eine Vielzahl vorgefertigter Filter, die entsprechend angepasst werden können sowie Vorschaubilder vor Anwendung des Filters, um die Wirkung des Filters und seine Einstellung beurteilen zu können.

Auch wird mit einigen digitalen Filtern versucht, die Wirkungsweise optischer Filter¹³⁰ nachzuahmen und so bieten entsprechende Programme eine Vielzahl von Fotofiltern mit Steuerungsmöglichkeiten an. Vorteilhaft bei der Verwendung der digitalen Gegenstücke der optischen Filter ist die Editierbarkeit und Flexibilität in der Postproduktion. Jedoch lassen sich nicht alle optischen Filter digital realisieren, wozu z.B. auch der Polarisationsfilter gehört, der Reflektionen unterdrückt und dadurch auch Objekte hinter Scheiben oder unter Wasser deutlich sichtbar macht.

Wichtig zu wissen ist, dass die Anwendung fast aller Filter (bei manchen mehr, bei anderen weniger) zu einem Qualitätsverlust des Bildes führen. Manchmal ist dieses aus gestalterischen Gründen erwünscht oder wird in Kauf genommen. Generell ist durch den

¹²⁹ Bei Filteranwendung auf Ebene oder Kanal dieser: Oft Duplizierung der Ebene, Anwendung Filter, Regulierung Deckkraft und Auswahl Übertragungsmodi, ggf. unter Verwendung von Masken.

¹³⁰ Welche vor das Kameraobjektiv geschraubt oder gesteckt werden. Typisch sind: Farb-, Stern- bzw. Gitter-, Regenbogen-, Weichzeichnungs- oder Vignettierungsfilter.

Bearbeiter abzuwägen, welche Qualitätseinbußen noch vertretbar sind und somit ist das Endergebnis vor der endgültigen Ausgabe sorgfältig zu prüfen, auch vor dem Hintergrund, dass Filter Artefakte produzieren können, welche teilweise erst in der Bewegung sichtbar werden.

Filter- bzw. Operatorgruppen

Anhand der Anzahl der bei der Berechnung der Pixelwerte¹³¹ des Ausgangsbildes mit einzubeziehenden Bildpunkte werden Filter bzw. Operatoren in drei Gruppen eingeteilt. Diese sind Punktoperatoren, örtliche (lokale) Operatoren und globale Operatoren, welche nachfolgend kurz erläutert werden.

• Punktoperatoren

Bei diesen Operatoren wird jeder Pixelwert des Eingabebildes anhand eines Algorithmus modifiziert, ohne dass benachbarte Pixel in die Berechnung mit einbezogen werden.

Den Pixeln (jedem einzelnen Pixel) wird somit ein neuer Intensitätswert (Grau- oder Farbwert) zugewiesen. Zu den Punktoperatoren gehören Operatoren zur Luminanzkorrektur anhand des Histogramms, zur Farbkorrektur, zur Invertierung oder zu Schwellenoperation.

Bei der Tonwertkorrektur mit Histogramm-Anzeige (jedes gute Compositing-Programm bietet dieses an) kann der Tonwertumfang geregelt werden. Genauer gesagt, kann man durch die Histogramm-Anzeige die Intensitäts- bzw. Helligkeitsstufen eines digitalen Bildes beurteilen und bearbeiten. Dieses gilt auch für die drei Kanäle des RGB-Bildes, welche separat angepasst werden können.

Für die Korrektur stehen dem Bearbeiter unterhalb des Histogramms, in dem auf der X-Achse die Helligkeits- bzw. Tonwertskala und auf der Y-Achse die Häufigkeitsverteilung des Tonwerts dargestellt wird, drei Regler zur Verfügung¹³², welche durch Verschieben den Pixeln mit entsprechenden Intensitätswerten neue Helligkeitswerte zuweisen. Somit lässt sich der Kontrastumfang des Bildes verändern.

Die Anzahl der Tonwertstufen auf der X-Achse ist vom Bild (seiner Bitzahl, z.B. 8-Bit = 256 Tonwertstufen) abhängig, wobei der Wert 0 (auf der linken Seite) absolutes Schwarz und der höchste Wert reines Weiß ist (auf der rechten Seite).

Durch die Häufigkeitsverteilung des Tonwerts kann man erkennen, welche Helligkeitswerte wie häufig im Bild vertreten sind und ob ein Bild eher dunkel oder hell ist. [DUM10]

¹³¹ Farb- und Intensitätswert des Pixels

¹³² Durch Verschieben des linken Regler kann der Schwarzpunkt, des mittleren Regler die Mittöne und des rechten Regler der Weißpunkt verschoben werden.

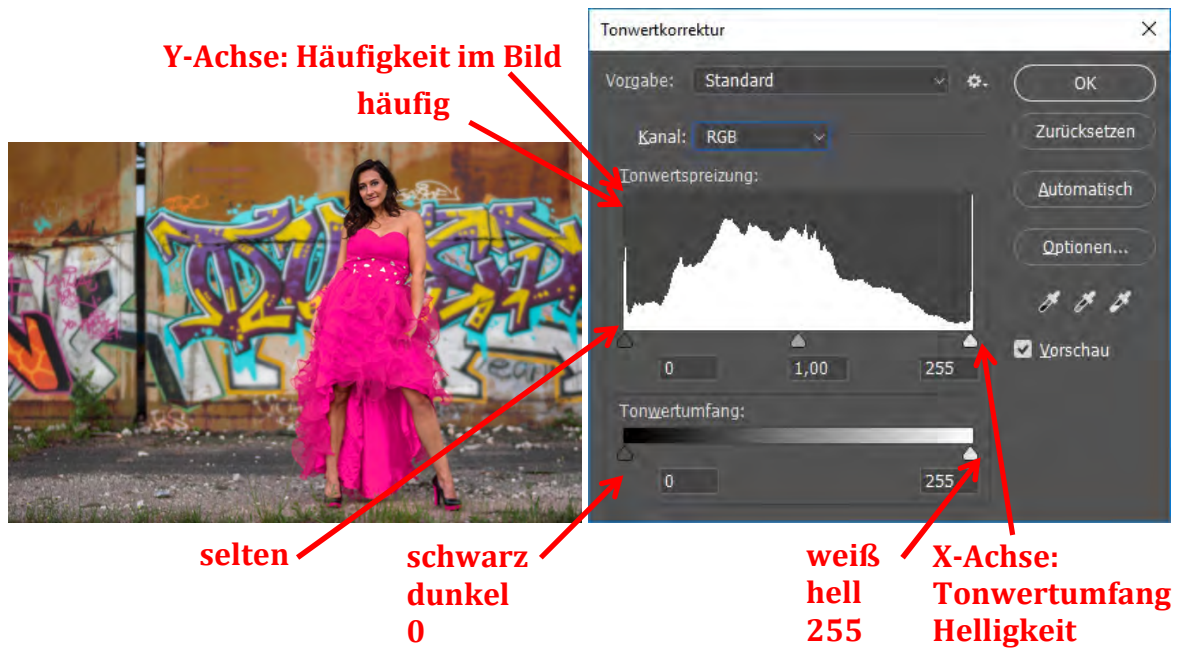


Abbildung 2.43 Eingabebild und RGB-Histogramm

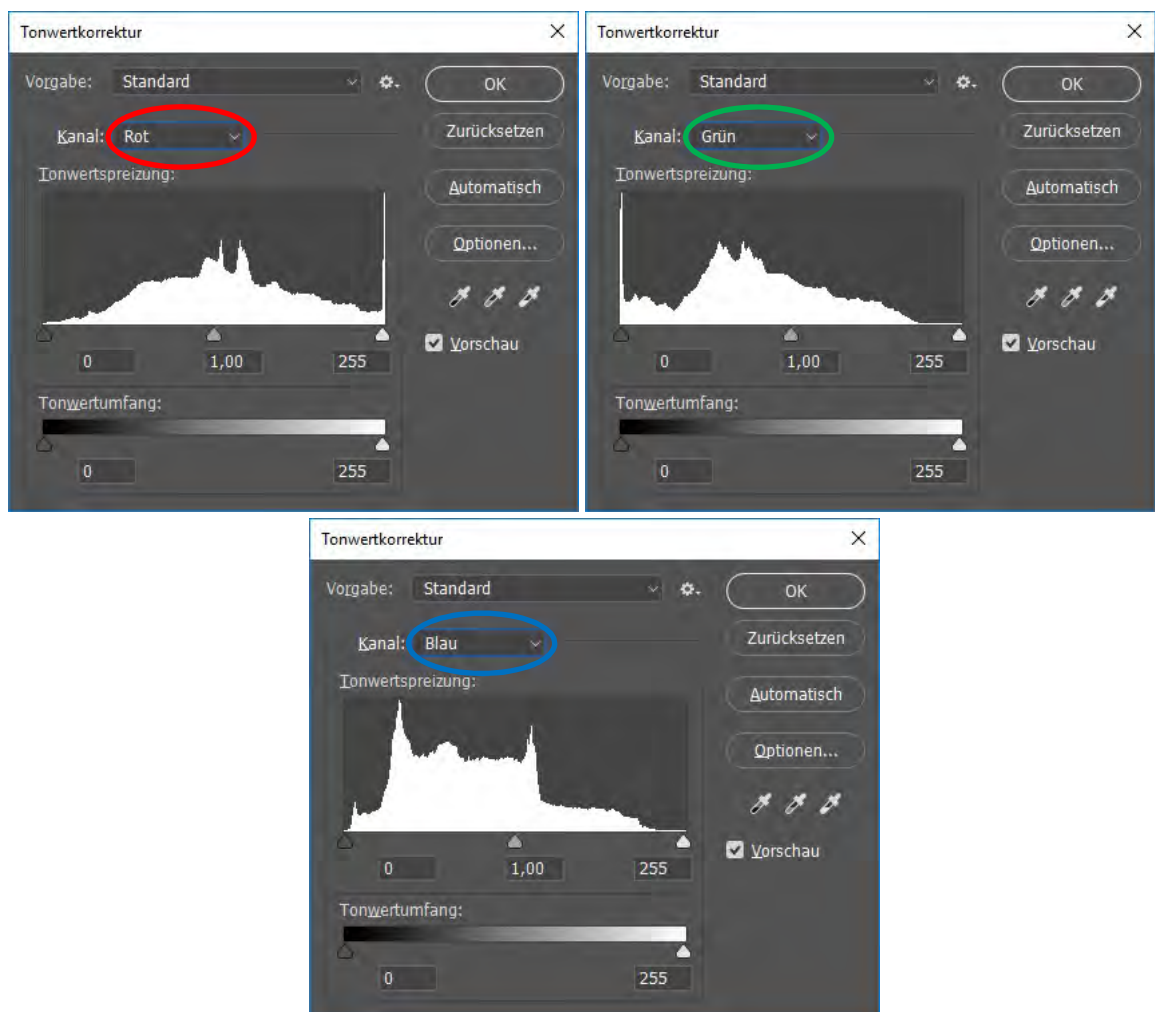


Abbildung 2.44 Histogramme der einzelnen Kanäle; R-Kanal, G-Kanal, B-Kanal

- **Örtliche Operatoren**

Bei örtlichen bzw. lokalen Filtern wirken sich diese auch auf den einzelnen Pixelwert aus, jedoch wird hier eine bestimmte Anzahl an umliegenden Pixeln in die Berechnung des neuen Intensitäts- bzw. Farbwerts miteinbezogen.

Die Einbeziehung erfolgt in Abhängigkeit eines Gewichtungsfaktors (Koeffizient), welcher die Intensität der Wirkung bestimmt.

Die meist quadratischen Einzugsbereiche (oft 3x3 oder 5x5 Pixel) sind normalerweise um den bezeichneten Pixel herum. Bei Vergrößerung des Einzugsbereiches steigt auch der Rechenaufwand. Bei der Berechnung des neuen Intensitäts- bzw. Farbwerts wird der Mittelpunkt des Einzugsbereiches auf jeden Pixel gelegt, anschließend werden die benachbarten Pixel miteinander verrechnet und zuletzt das Rechenergebnis auf den jeweiligen Pixel (in der Mitte der Matrix) gegeben. [DUM10]

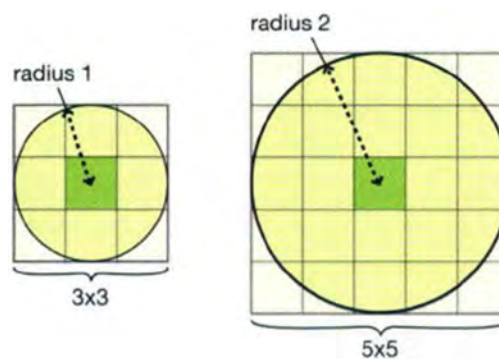


Abbildung 2.45 Einzugsbereich 3x3 und 5x5 Pixel [DUM10]

Es sei erwähnt, dass es auch entsprechende Filter gibt, welche einen steuerbaren radialen Einzugsbereich haben und somit Teile von Pixel über Verwendung von Fließpunktzahlen einbeziehen.

Örtliche Filter sind u.a. Schärfe-, Weichzeichnungs-, Prägungs-, und Glow¹³³-Filter.

- **Globale Operatoren**

Bei globalen Operatoren bzw. Filter wird eine mathematische Funktion angewendet, bei der die Berechnung des Grauwerts des neu zu berechnenden Pixels von dem Gesamtwert der Intensitätswerte der übrigen Pixel des Bildes abhängt. [DUM10]

Anders als bei den vorher genannten Filtern werden bei diesen Filtern immer alle Pixel des Bildes bei der Berechnung zugrunde gelegt.

Für globale Operatoren seien beispielhaft die unter Punkt 2.3.5 beschriebenen geometrischen Transformationen und die Fourier-Transformation (FT) genannt. Die Fourier-Transformation zerlegt das Ausgangsbild anhand eines komplexen Algorithmus in seine Ortsfrequenzen und sortiert es dadurch neu. Anhand dessen können bestimmte Ortsfrequenzen in Form eines Hoch- oder Tiefpassfilters herausgefiltert bzw. blockiert und somit beseitigt werden.

Beim Tiefpassfilter werden hohe Ortsfrequenzen blockiert, wo Kanten oder Muster auftreten und lässt dadurch das Bild kontrastärmer erscheinen, denn bei harten Übergängen (zwischen Intensitätsstufen) werden diese unterdrückt und Kanten und Muster abgeschwächt.

¹³³ Deutsch: Glüh

Beim Hochpassfilter werden niedrige Ortsfrequenzen (einheitliche Bereiche) blockiert, wodurch das Bild nach Filteranwendung kontrastreicher und somit schärfer erscheint, denn Bereiche mit geringen Intensitätsunterschieden werden blockiert und stark hervorgehoben¹³⁴. [DUM10]

Weitere globale Filter sind Mal-, Beleuchtungsfiler sowie die meisten Transformationen (Translation, Rotation, Skalierung).

Wirkung/Effekte digitaler Filter

Nachfolgend werden verschiedene Filter bzw. deren Kategorien anhand ihrer Wirkung bzw. ihres Effekts, welchen sie bei Anwendung auf Bilder erzielen, betrachtet. Generell ist zu erwähnen, dass die vielen Bild- und Compositing-Applikationen dem Bearbeiter zahlreiche Effektfiler zur Verfügung stellen. Hier werden nur die am häufigsten verwendeten Effektfiler sowie die typischen Kategorien von Filtern kurz beschrieben.

• **Scharf- und Weichzeichnungsfilter**

Durch diese Filter werden ausgewählte Bereiche oder das ganze Bild verändert.

Beim Weichzeichnungsfilter (Glättungsfilter) werden Pixel mit den umliegenden Pixel miteinander verrechnet, um einen Durchschnittswert zu erhalten. Somit wird das Detail im Bild verringert, da die vorhandene Auflösung reduziert wird. Die Ergebnisse der verschiedenen Weichzeichnungsfilter sind sehr unterschiedlich.

Typische Weichzeichnungsfilter sind¹³⁵:

- Gauß'scher Weichzeichner
- Median
- Selektiver Weichzeichner
- Kanalunschärfe
- Bewegungsunschärfe

Beim Schärfefilter werden die Kontraste an Übergängen mit hohem Kontrastunterschied erhöht. D.h. es werden die hochfrequenten Bildanteile hervorgehoben, jedoch wird bei Anwendung dieses Filters auch immer das Bildrauschen bzw. das Korn verstärkt und durch zu starke Anwendung des Filters können Artefakte entstehen¹³⁶. Angewendet wird dieser Filtertyp, wenn z.B. ein Element in das Composite eingefügt werden soll, jedoch dafür zu unscharf ist oder ein Objekt aufgrund eines Hineinzoomens an Schärfe verloren hat. Generell gilt, dass ein Detail, welches bei der Originalaufnahme nicht vorhanden war, nicht digital herbeigezaubert werden kann. Somit macht ein Schärfefilter das Bild nicht wirklich schärfer, sondern er verändert das Bild in der Weise, dass es für den Betrachter subjektiv schärfer wirkt.

¹³⁴ Umgekehrte Wirkung wie ein Gauß'scher Weichzeichnungsfilter

¹³⁵ Weitere Weichzeichnungsfilter sind u.a. Radiale Unschärfe, Dolly Unschärfe, Rahmen-, Schwenkungs-, Dreh- und Zoomunschärfe.

¹³⁶ Typische Artefakte wären dann: Unnatürliche Hervorhebung von Kanten (heller Schein um dunkle Objekte und umgekehrt); verstärktes Rauschen oder Korn; Bild wird in Teilen oder insgesamt brüchig (einzelne oder mehrere Pixel stechen aus zuvor homogenen Umgebung hervor).

Typische Schärfefilter sind:

- Unschärf Maskieren
- Selektiver Scharfzeichner
- Hochpassschärfung

Für beide Filtertypen werden als Steuerungswerkzeuge meist ein Radius zur Steuerung des Einzugsbereiches und einen Schärf- bzw. Unschärfeumfang¹³⁷ angeboten.

• Verzerrungsfiler

Hier werden die Positionen der Pixel des Bildes oder des ausgewählten Bereichs in der Rastermatrix abhängig von der ursprünglichen Position des Pixels und der angewandten Verzerrung neu sortiert. Farb- und Helligkeitsinformationen bleiben weitestgehend erhalten.

Verzerrungsfiler sind somit vorgefertigte Gitternetz-Warps und entsprechende Parameter können in geringem Maße angepasst werden. Z.T. können sie auch animiert werden. Sie verleihen dem Bild oder dem ausgewählten Bereich einen bestimmten plastischen Effekt, wie Glas, Wasser oder Wellen.

Für fotorealistische Arbeiten werden diese Filter eher selten eingesetzt.

Typische Verzerrungsfiler sind¹³⁸:

- Digitales Fischauge (Distorsion)
- Glas
- Verbiegen
- Wölben

• Stilisierungsfiler

Bei diesen Filtern wird das Bild auf Grundlage von geometrischen Mustern oder Elementen aufgebaut und wie gewünscht verfremdet. Hierfür werden Pixel verschoben oder Kontraste im Bild gesucht und vergrößert.

Typische Stilisierungsfiler sind¹³⁹:

- Kacheleffekt
- Kanten finden (spezialisierte Hochpassfilter; z.B. Sobel- und Prewitt-Filter)
- Prägung
- Posterisierung

• Strukturierungsfiler

Diese Filter verändern die Farbwerte der Pixel so, dass bestimmte vorgefertigte Strukturen visualisiert werden.

¹³⁷ Dieser gibt an, mit wieviel Prozent das gefilterte Bild mit dem Eingabebild überblendet wird, d.h. das Ergebnis ist eine Mischung mit entsprechenden Prozentsätzen aus beiden Bildern.

¹³⁸ Weitere Verzerrungsfiler sind u.a. Schwingungen und Kräuseln.

¹³⁹ Weitere Stilisierungsfiler sind u.a. Extrudieren und Solarisation.

Typische Strukturierungsfiler sind:

- Buntglas-Mosaik
- Patchwork
- Mit-Struktur-versehen

• Kunst-, Zeichen- und Malfilter

Diese Filtertypen modifizieren die Pixel des Bildes so, dass bestimmte künstlerische Materialien und Techniken nachgeahmt werden. Sie erzielen teilweise sehr eindrucksvolle Bilder/Effekte, jedoch sollte die Beurteilung dieser Filter in der Bewegung erfolgen, denn sie können aufgrund der einzelbildweise angewendeten und bewegten „Pinselstriche“ sehr unruhig wirken.

Das Bild wird bei Anwendung dieser Filter oft weich gezeichnet, bestimmte Bildanteile betont und oft Strukturen, Körnung, Störungen und Kantendetails hinzugefügt. [DUM10]

• Farbkorrekturfilter

Farbkorrekturfilter werden aus verschiedensten Gründen in der Postproduktion verwendet. Die Farbkorrektur¹⁴⁰ dient neben der Steuerung der Dramaturgie des Bildes¹⁴¹ auch dem Herausarbeiten wichtiger Bildelemente, auf die der Zuschauer seine Aufmerksamkeit richten soll¹⁴² und der Anpassung bzw. Angleichung der Elemente untereinander (verschiedene Elemente von verschiedenen Drehs und/ oder CG-Objekte mit unterschiedlicher Farbe und Belichtung) und somit an die Einstellung der Szene. Üblicherweise ist die Anwendung des Grading eine der letzten Schritte zur Fertigstellung eines Projekts. Für das Grading werden Werkzeuge für die Korrektur der Luminanz¹⁴³, der Farbbalance¹⁴⁴, ausgewählter Farben¹⁴⁵ und der partiellen Farbkorrektur¹⁴⁶.

• Sonstige Filter

Weitere Filter sind Korn- und Störungs-, Beleuchtungsfiler und Einstrahlungen, die in Compositing-Applikationen zu finden sind. Beispielsweise dienen Kornfilter

¹⁴⁰ Engl.: Grading

¹⁴¹ Gesamterscheinungsbild und Stimmung können verändert werden. Dazu zählt u.a. auch das Einfärben des Himmels (mittels Verläufen) oder das Ersetzen des Himmels.

¹⁴² Oft sind dies die Gesichter der Figuren, wodurch die Bearbeitung der Hautfarbe ein bedeutender Bestandteil der Farbkorrektur ist.

¹⁴³ Wichtige Werkzeuge für die Korrektur der Luminanz sind u.a. Helligkeits- und Kontrastregler, Regler für Schwarz- und Weißpunkt sowie Gammaregler, die Tonwertkorrektur und die Farbkurve (bzw. Gradationskurve).

¹⁴⁴ Typische Werkzeuge für die Korrektur der Farbbalance sind das Farbrad, der Farbbalance-Regler oder die Farbkurve.

¹⁴⁵ Typische Werkzeuge für die Korrektur ausgewählter Farben sind die verschiedenen Chrominanz-Keyer in Verbindung mit den verschiedenen Farbkorrekturfiltern. Auch bieten Applikationen oft Farbkorrekturfilter mit integrierten Keyern, zumeist HLS-Keyern an. Auch Farbumterdrückungsfilter zählen dazu (um einen bestimmten Farbton zu beseitigen bzw. zu neutralisieren).

¹⁴⁶ Für eine partielle Farbkorrektur werden Spline-Masken oder einfache Geometrie-Masken verwendet, wodurch ein bestimmter Bildbereich farbkorrigiert werden kann. Diese Masken sollten grundsätzlich schnell, einfach und interaktiv animierbar sein.

- **PlugIns/ Zusatzfilter**

Neben der Vielzahl an Filtern, die von den diversen Compositing-Applikationen angeboten werden, besteht die Möglichkeit über die Schnittstelle „PlugIns“ weitere Filter und Effekte (selbst erstellte oder von Drittherstellern) zu installieren, einzubinden und zu nutzen. Hierfür wurde ein Standard entwickelt, um diese PlugIns zu vereinheitlichen und so für bestehende Bildbearbeitungsprogramme verwendbar zu machen¹⁴⁷.

2.3.16 Übertragungsmodi zum Verknüpfen von Bildern

Dieser Abschnitt beleuchtet das Zusammenfügen bzw. Kombinieren von Bildern mit Hilfe verschiedener Methoden mit und ohne Verwendung einer Maske. Die Generierung von Masken wird im darauffolgenden Unterkapitel genau betrachtet. Generell werden die Farbwerte der Pixel von zwei (oder mehr) Bildern auf eine bestimmte Weise rechnerisch miteinander verknüpft. Hier wird auf die wichtigsten Verfahren und die zugrunde liegenden Algorithmen sowie auf relevante Anwendungen zum Übereinanderlegen oder Stapeln von Bildern anhand einer Maske eingegangen. Viele der aus Bildbearbeitungsprogrammen bekannten Übertragungsmodi sind auch in Compositing-Applikationen zu finden. Um zwei (oder auch mehr) Eingabebilder miteinander zu verbinden wird ein Multi-Source-Operator¹⁴⁸ benötigt. Die nachfolgenden Betrachtungen werden zur Vereinfachung anhand von zwei Eingabebildern vorgenommen. Eingabebild A sei hier die obere und Eingabebild B die untere Ebene und der entsprechende Übertragungsmodus wird auf das Eingabebild A angewendet. Das Ergebnisbild O (für Output) ist somit die Kombination der beiden Eingabebilder bei entsprechender Anwendung nachfolgend genannter Übertragungsmodi.

Bevor jedoch auf die einzelnen Übertragungsmodi eingegangen wird, werden die in diesem Zusammenhang stehenden Begriffe Deckkraft und Transparenz kurz beschrieben.

Deckkraft - Transparenz

Als Deckkraft wird die Sichtbarkeit und als Transparenz die Durchsichtigkeit eines Elements beschrieben. [DUM10]¹⁴⁹

Die Deckkraft beschreibt den Prozentsatz der Mischung der Farb- bzw. Tonwerte, wenn zwei oder mehr Ebenen zugrunde gelegt werden. Somit sind dann bei 100% Gesamtdeckkraft die Deckkraft der einzelnen Ebenen ein Teil davon.

Die Übertragungsmodi

Der Übertragungsmodus legt fest, wie die Intensitätswerte der Pixel einer Ebene mit denen der darunterliegenden Ebene verknüpft werden. [DUM10]

Aufgrund der Vielzahl der von den Bild- und Compositing-Applikationen angebotenen Übertragungsmodi bzw. der verschiedenen Algorithmen können unterschiedlichste Wirkungen erzielt werden. Diese Operatoren sind grundsätzlich in Zusammenhang mit Transparenz und Nutzung von Masken¹⁵⁰ verwendbar.

¹⁴⁷ Informationen zum Standard sind unter www.openfx.sourceforge.net und www.openeffects.org zu finden.

¹⁴⁸ Ein Multi-Source-Operator ist ein Operator, der mehr als ein Bild einladen kann.

¹⁴⁹ D.h. bei 100% Transparenz (Durchsichtigkeit) liegen 0% Deckkraft vor und umgekehrt.

¹⁵⁰ Maske = Monochromes Ein-Kanal-Graustufenbild, dessen Pixel-Grauwerte benutzt werden.

Gemäß dem Ziel des Compositing, ein harmonisches Ganzes zu realisieren, ist beim Einfügen einer Ebene der Übertragungsmodus in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen bzw. Umgebungsvariablen (Atmosphäre, Lichtverhältnisse etc.) auszuwählen.

Nachfolgend werden die Übertragungsmodi in Gruppen aufgeteilt kurz beschrieben. Die Gruppen sind Simple-Math-, Vergleichs-, Schwellenwert-, Farb- oder Luminanz-, Ausschluss- oder Differenz-Operatoren, logische Verknüpfungen und Masken-Operatoren.

- **Simple-Math-Operatoren**

Die Verknüpfung der Eingangsbilder erfolgt anhand einfacher mathematischer „Formeln“.

Typische Simple-Math-Operatoren:

- **Add** [$O = A + B$]

Addition der RGB-Farbwerte der Eingabebilder, keine Einbeziehung eines Deckkraftfaktors wie bei Mix. „Absolutes weiß“ [mit Summe 1] ist Maximalwert, Werte darüber werden abgeschnitten/geclippt. Ergebnisbild ist immer heller als Eingabebilder, nur bei Addition mit schwarz ändert sich nichts. Symmetrischer Übertragungsmodus: Reihenfolge der Eingabebilder bei Berechnung unerheblich. [DUM10]



Abbildung 2.46 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Addition [BRI08]

- **Substract** [$O = A - B$, aber $\neq B - A$]

Die Pixelwerte von Eingabebild B werden von den Pixelwerten von Eingabebild A abgezogen. Wenn die Pixelwerte von Bild B größer als von Bild A sind, wird auch auf den Minimalwert geclippt. Dieser Modus ist nicht symmetrisch, d.h. man erhält unterschiedliche Ergebnisse, je nachdem, welches Bild man zuerst einlädt. Wird mit schwarz subtrahiert, ergibt sich keine Änderung. Manche Programme bieten eine Auswahl, ob man bei Subtraktion einen negativen Differenzwert als positiven absoluten Wert behandeln möchte (dann wäre es symmetrisch) oder ob geclippt werden soll (unsymmetrisch). [DUM10]

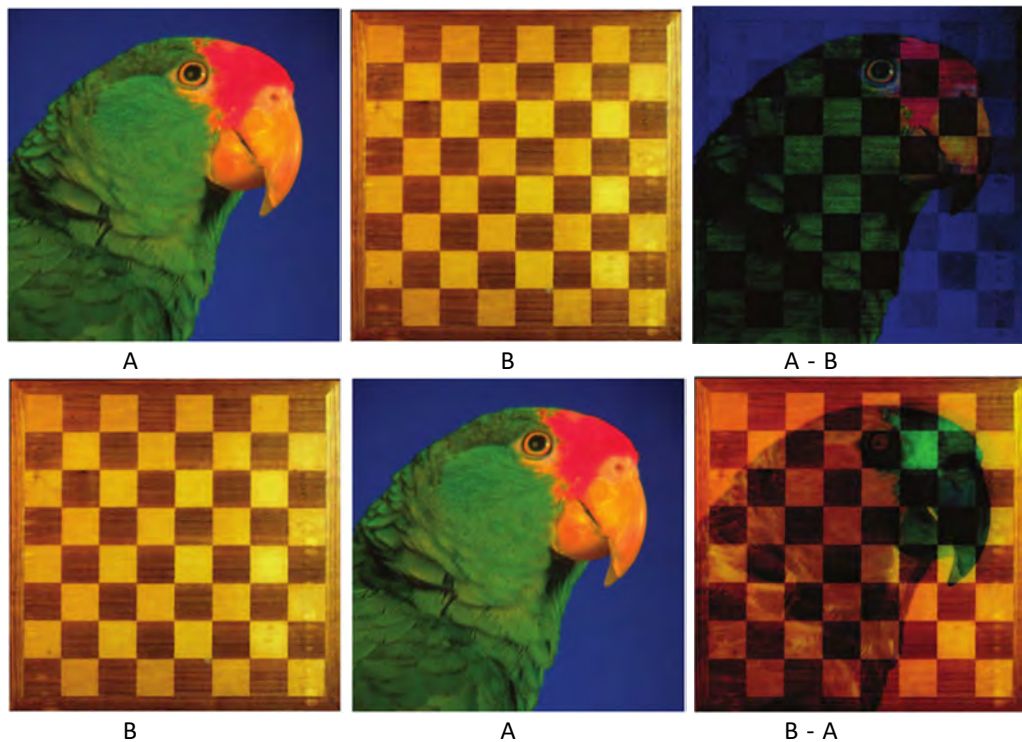


Abbildung 2.47 Eingabebilder A und B und Ergebnisbilder Subtraktion (geclipt) [BR108]

- **Mix** [$O = (\text{Deckkraftfaktor} \times A) + ((1 - \text{Deckkraftfaktor}) \times B)$]

Spezielle Form des Add-Operators. Hier werden zwei Bilder mit unterschiedlicher Deckkraft verknüpft. Die Mix-Operation ist somit die Addition zweier Bilder unter Verwendung eines bestimmten Faktors der Deckkraft. Die Gesamtdeckkraft liegt bei 100% (Faktor = 1) und sie wird zwischen den beiden Bildern aufgeteilt. [DUM10]



Abbildung 2.48 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild - Mix [DUM10]

Die Deckkraft kann im Compositing-Programm auch über eine bestimmte Zeit animiert werden. Die Deckkraft wird z.B. so animiert, dass die Deckkraft bzw. der Deckkraftfaktor für das Eingabebild A (auszublenkende Ebene) von 100% auf 0% und für das Eingabebild B (einzublendende Ebene) von 0% auf 100% verläuft. Somit kann man auf einfache Weise einen animierten Mix (eine Überblendung) durch das Ein- und Ausblenden von Ebenen erstellen. [DUM10]

- **Multiply** [$O = A \times B$]

Multiplikation der Pixel- bzw. Farbwerte der beiden Eingabebilder. Symmetrisches Verfahren. Das Ergebnisbild wird grundsätzlich dunkler (da z.B. $0,5 \times 0,2 = 0,1$), nur bei Multiplikation mit Weiß (Maximalwert 1) ergibt sich keine Änderung. Bei Multiplikation mit Schwarz (Wert 0) ist auch das entsprechender Pixel schwarz. [DUM10]

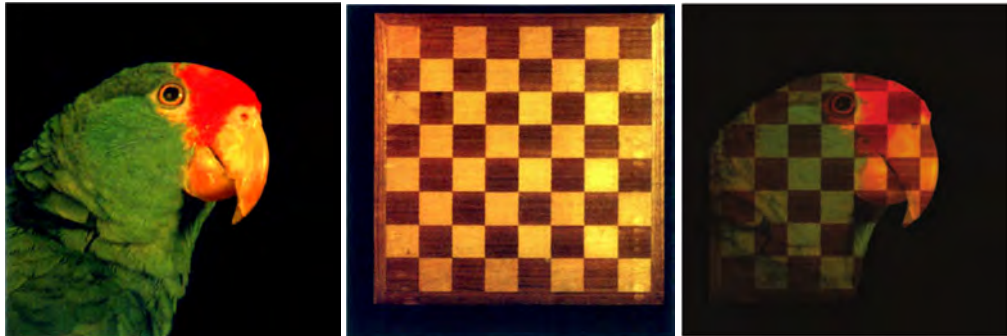


Abbildung 2.49 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Multiplikation [BRI08]

- **Screen (umgekehrt multiplizieren)** [$O = 1 - ((1 - A) \times (1 - B))$]

Dieser Operator ist synchron und das Gegenteil des Multiplikations-Operators. Hier wird die Inverse der Pixelwerte der beiden Bilder multipliziert und das nach der Multiplikation entstandene Bild erneut invertiert. Das Ergebnis ist stets heller und ähnelt einer Doppelbelichtung der Lichter des Bildes A kombiniert mit Bild B. Hiermit können Reflektionen auf einer glänzenden, aber transparenten Oberfläche [z.B. Glas] erstellt werden, wie auf Reflektionen an Gebäudefenstern, Autoscheiben, Monitoren etc. Geringe Änderung bei hellen Eingabebildern und Aufhellung bei dunklen Eingabebildern.

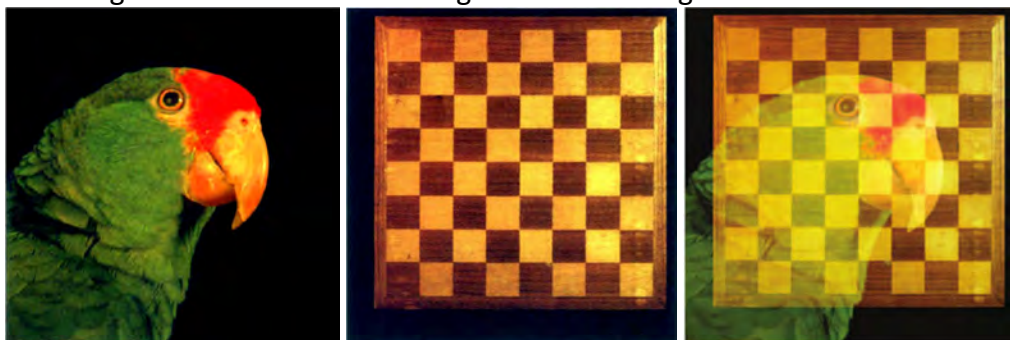


Abbildung 2.50 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Screen [BRI08]

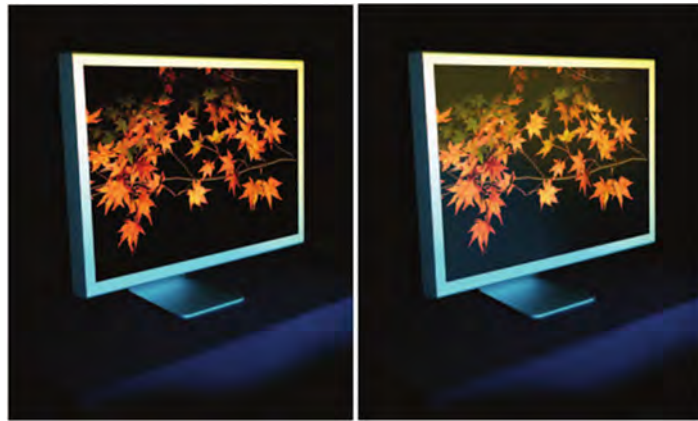


Abbildung 2.51 links: Transformiertes Eingangsbild; rechts: Ergebnisbild Screen [BRI08]

• Vergleichsoperatoren

Hier werden die Pixelwerte der Eingabebilder verglichen und abhängig vom Algorithmus einer der Pixelwerte für das Ergebnisbild ausgewählt. Oft werden diese Operatoren auch zum Verbinden von Masken verwendet.

Typische Vergleichs-Operatoren:

- **Minimum (Abdunkeln)** [$O = \text{Min}(A, B)$
oder
 $O = B$, wenn $B \leq A$
 A , wenn $B > A$]

Bei diesem Operator werden die korrespondierenden Pixelwerte zweier Eingabebilder miteinander verglichen und der niedrigere Pixelwert für das Ergebnisbild ausgewählt.

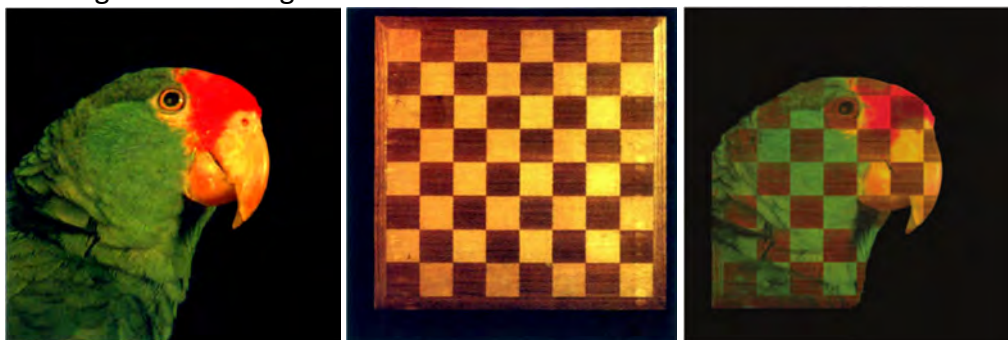


Abbildung 2.52 Eingabebilder und Ergebnisbild Minimum-Operator [BRI08]

- **Maximum (Aufhellen)** [$O = \text{Max}(A, B)$
oder
 $O = A$, wenn $B \leq A$
 B , wenn $B > A$]

Dieser Operator ist die Umkehrung des Minimum-Operators werden die korrespondierenden Pixelwerte zweier Eingabebilder miteinander verglichen und der höhere Pixelwert für das Ergebnisbild ausgewählt.

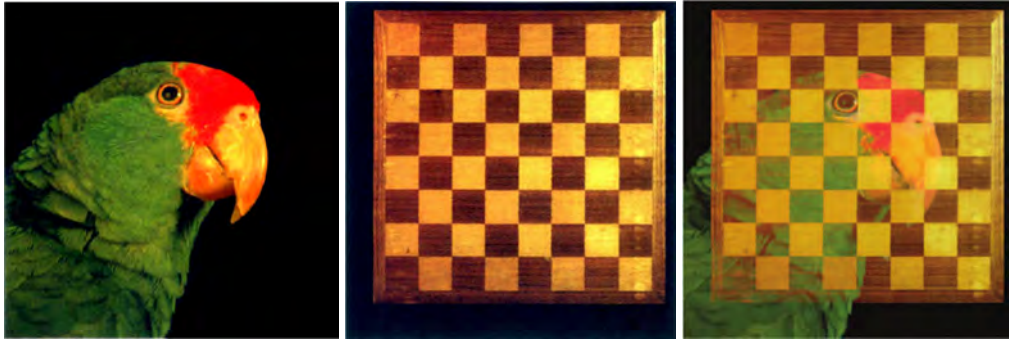


Abbildung 2.53 Eingabebilder und Ergebnisbild Maximum-Operator [BRI08]

• Schwellenwert-Operatoren

Bei diesen Operatoren wird ein Schwellenwert für eines der Eingabebilder festgelegt und das Ergebnisbild anhand verschiedener Methoden (je nachdem, ob Schwellenwert überschritten wurde oder nicht) berechnet.

Typische Schwellenwert-Operatoren:

- **Ineinander Kopieren (Overlay)** [$O = \text{wenn } B \leq 0,5, \text{ dann } 2 * A * B$
 $\text{Wenn } B > 0,5, \text{ dann } 1 - 2 * (1 - A) * (1 - B)$]

Bei dieser nicht-symmetrischen Methode werden die Farben der Eingangsbilder gemischt, wobei Lichter und Schatten erhalten bleiben, um die hellen und dunklen Bereiche der Farben der Eingabebilder zu reflektieren. Zunächst wird ein Schwellenwert von 50% Grau angesetzt. Liegen die Tonwerte des Hintergrundes unterhalb des Schwellenwertes, wird multipliziert, liegen sie darüber wird die Screen-Methode angewendet. [DUM10]



Abbildung 2.54 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Ineinander Kopieren [DUM10]

- **Weiches Licht (Soft Light)**
 $[O = \text{wenn } A \leq 0,5, \text{ dann } (2 * A - 1) * (B - B^2) + B$
 $\text{wenn } A > 0,5, \text{ dann } (2 * A - 1) * (\sqrt{B} - B) + B]$

Bei diesem ebenfalls nicht symmetrischen Operator wird ein weicher, diffuser Lichtschein von der oberen auf die untere Ebene erzeugt. Auch hier wird ein Schwellenwert angesetzt. Es werden die Kontraste verringert, was zu einer weichen Mischung in den Highlights und Tiefen führt. Abhängig von den Farbwerten des Eingabebildes A wird das Ergebnisbild aufgehellt oder abgedunkelt. [DUM10]



Abbildung 2.55 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Weiches Licht [DUM10]

○ **Hartes Licht (Hard Light)**

$$[O = \text{wenn } A \leq 0,5, \text{ dann } 2 \cdot A \cdot B \\ \text{wenn } A > 0,5, \text{ dann } 1 - 2 \cdot (1 - A) \cdot (1 - B)]$$

Hier wird ein greller, harter Lichtschein von der oberen auf die untere Ebene geworfen, welcher sich stark auf detailreiche Bildbereiche auswirkt. Außerdem wird der Kontrast erhöht. Abhängig von den Farbwerten des Eingabebildes A wird das Ergebnisbild aufgehellt oder abgedunkelt. Auch dieser Operator ist nicht symmetrisch und ähnelt dem Ineinander-Kopieren-Operator, nur dass hier die Eingabebilder vertauscht sind. Der Hintergrund wird aufgehellt, wenn der Farbwert bzw. Bild A heller als 50% grau ist, ansonsten wird er abgedunkelt. [DUM10]



Abbildung 2.56 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Hartes Licht [DUM10]

• **Farb- oder Luminanz-Operatoren**

Hier wird das Ergebnisbild abhängig von den Farb- oder Helligkeitswerten der Eingabebilder bestimmt.

Typische Farb- oder Luminanz-Operatoren:

○ **Farbton (Hue)** [$O = H_O S_O Y_O = H_B S_A Y_B$]

Der Farbton des oberen Eingabebildes A wird auf den Farbton des darunterliegenden Eingabebildes B geändert. Somit ist das Ergebnisbild eine Mischung aus dem Farbton der vorderen Ebene und der Sättigung und Luminanz der hinteren Ebene. Dieser Operator ist nicht symmetrisch. [DUM10]



Abbildung 2.57 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Farbton [DUM10]

- **Sättigung** [$O = H_O S_O Y_O = H_B S_A Y_A$]

Dieser nicht symmetrische Operator ändert die Sättigung von Bild A (obere Ebene) auf den Wert der Sättigung von Bild B (untere Ebene). Bei Bereichen mit einer Sättigung von 0 (schwarz, weiß, grau) gibt es keine Änderung.



Abbildung 2.58 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Sättigung [DUM10]

- **Farben Abwedeln** [$O = B/(1-A)$]

Hier werden die Farbwerte in jedem Kanal von Eingabebild B verwendet, um Eingabebild A aufzuhellen. Je heller Bild B, desto heller Bild A. Dieser Operator ist nicht symmetrisch.



Abbildung 2.59 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Farben abwedeln [DUM10]

- **Farbig Nachbelichten**

Dieser Operator hat die umgekehrte Wirkung wie „Farben abwedeln“. Eingabebild A (obere Ebene) wird anhand der Farbinformationen in den einzelnen Ebenen und durch Erhöhen des Kontrasts abgedunkelt, um die Farbe der unteren Ebene zu reflektieren. Keine Änderung bei „Farbig Nachbelichten“ mit weiß. [DUM10]

- **Luminanz** [$O = H_O S_O Y_O = H_B S_B Y_A$]

Bei diesem nicht symmetrischen Operator wird die Luminanz des Eingabebildes A auf die Farbton- und Sättigungswerte von Eingabebild B geändert. [DUM10]



Abbildung 2.60 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Luminanz [DUM10]

- **Ausschluss- oder Differenz-Operatoren**

Bei diesen Operatoren werden die Pixelwerte der Eingabebilder anhand einer wechselseitigen Subtraktion verglichen.

Typische Ausschluss- oder Differenz-Operatoren:

- **Differenz (Unterschied)** [$O = |A-B|^{151}$]

Bei diesem symmetrischen Operator wird der absolute (rechnerische) Unterschied der Farbwerte der Eingabebilder A und B im Ergebnisbild angezeigt. Wird heller Pixelwert vom niedrigeren, dunkleren Pixelwert subtrahiert, wird die Differenz als positiver Farbwert in das Ergebnisbild übernommen. „Differenz“ mit Schwarz ergibt keine Änderung, „Differenz“ mit Weiß erfolgt eine Invertierung der Ausgangsfarbwerte. Diese Methode kann u.a. dazu genutzt werden, um zwei Bildversionen miteinander zu vergleichen (z.B. Abweichungen in Schärfe und Farbe). So zeigt das Ergebnisbild eine entsprechende Pixelabweichung an. Wenn beide Bildversionen gleich sind, ist das Ergebnisbild schwarz. [DUM10]



Abbildung 2.61 Eingabebilder A und B und Ergebnisbild Differenz [DUM10]

- **Ausschluss**

Dieser Operator verhält sich wie der Differenz-Operator, jedoch ist das Ergebnisbild kontraststärker.

¹⁵¹ Bei Zugrundelegung von absoluten Werten

- **Logische Verknüpfungen**

Das Ergebnisbild ergibt sich aufgrund der Anwendung von Funktionen logischer Verknüpfungen, die alle symmetrisch sind. Diese Operatoren werden in der Praxis vor allem im Zusammenhang mit Masken eingesetzt. [DUM10]

Typische Logische Verknüpfungen:

- **AND** [$O = A \text{ AND } B$]

Im Ergebnisbild sind die Bereiche der Eingebilder enthalten, die sich überschneiden.

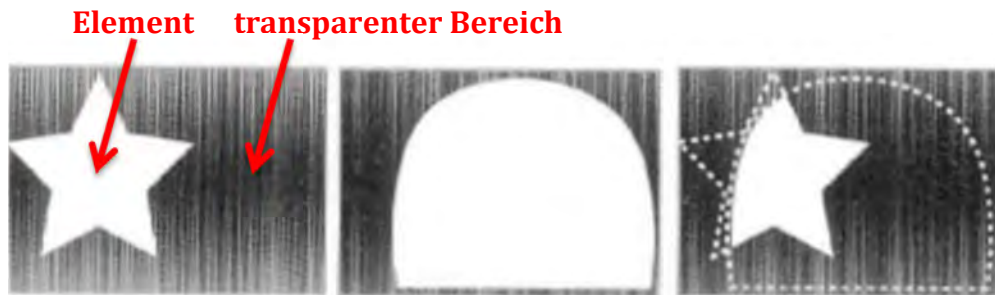


Abbildung 2.62 Eingebilder A und B und Ergebnisbild AND [DUM10]

- **NAND** [$O = A \text{ NAND } B$]

Invertierte AND-Verknüpfung, d.h. es sind die Bereiche der Eingebilder enthalten, die sich **nicht** überschneiden.



Abbildung 2.63 Eingebilder A und B und Ergebnisbild NAND [DUM10]

- **OR** [$O = A \text{ OR } B$]

Im Ergebnisbild sind die Bereiche der Eingebilder A und B enthalten, in denen entweder A oder B oder beide vorhanden sind.



Abbildung 2.64 Eingebilder A und B und Ergebnisbild OR [DUM10]

- **NOR** [$O = A \text{ NOR } B$]

Invertierte OR-Verknüpfung, d.h. es sind die Bereiche der Eingebilder enthalten, in denen nicht das Eingangsbild A oder B oder beide vorhanden sind.



Abbildung 2.65 Eingebilder A und B und Ergebnisbild NOR [DUM10]

- **XOR** [$O = A \text{ XOR } B$]

Das Ergebnisbild besteht aus dem Bereich, in dem entweder A oder B, aber nicht beide Eingebilder vorliegen (sich überschneiden).



Abbildung 2.66 Eingebilder A und B und Ergebnisbild XOR [DUM10]

- **Masken-Operatoren**

Hier werden die Eingebilder anhängig von der verwendeten Maske und des Masken-Operators miteinander verknüpft.

Bei bestimmten Multi-Source-Methoden (wie die Masken-Operatoren) wird das Vorhandensein zumindest einer Maske für das zweite Eingebild vorausgesetzt (Das Maskenbild kann entweder ein Graustufenbild oder ein Alphakanal¹⁵² eines 4-Kanal-Bildes sein). Zur Veranschaulichung und dem besseren Verständnis wurden die beiden Eingebilder etwas modifiziert, d.h. hier werden nun vormultiplizierte Versionen der Bilder verwendet.

¹⁵² Alphakanal: Das ist der Kanal, bei dem die Maskeninformation bei der Ausgabe des Bildes einem vierten Kanal (dem Alphakanal A) eines Vierkanalbildes (RGBA) zugeordnet werden können, was aber nicht unbedingt heißt, dass der Vordergrund bereits mit den Pixelwerten der Maske multipliziert wurde (siehe unter Keymix). Viele Applikationen können die Maskeninformation dem vierten Kanal zuweisen, ohne dass der Vordergrund mit diesen multipliziert wurde. Dadurch können Probleme mit vormultiplizierten Bildern vermieden werden. Der Alphakanal steuert die Transparenz des Vordergrunds. [DUM10]

Typische Vergleichs-Operatoren:

- **In** [$O = A \times \text{Maske von B}$
oder
 $O = A \text{ in B}$]

Bei diesem Operator wird Bild A „in“ Bild B platziert, so dass das Ergebnisbild nur die Bereiche in Bild A enthält, welche mit der Maske von Bild B überlappen. D.h. dass der Bereich abgebildet wird, in dem sich Bild A mit dem sichtbaren (durch die Maske vorgegebenen Bereich) Eingabebild B überschneidet.

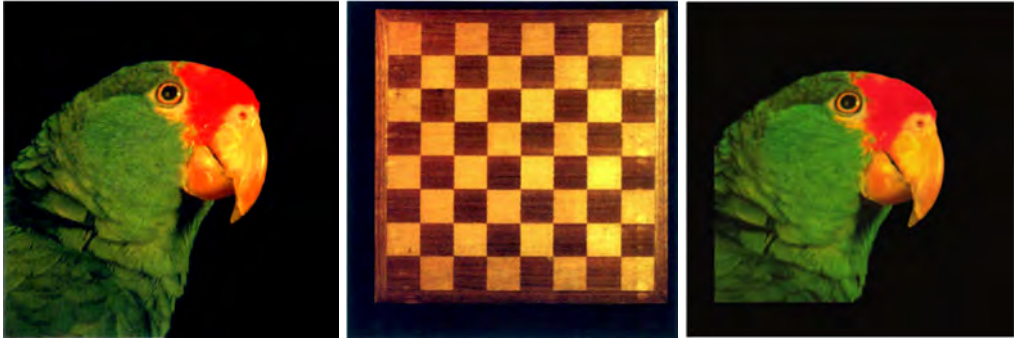


Abbildung 2.67 Eingabebild A und B und Ergebnisbild In-Operator, hier: A in B [BRI08]



Abbildung 2.68 Eingabebild B und A und Ergebnisbild In-Operator, hier: B in A [BRI08]

- **Out** [$O = A \times (1 - \text{Maske von } B)$
oder
 $O = A \text{ out [außerhalb von] } B$]

Diese Methode ist die Inverse (Umkehrung) des In-Operators. Hier ist das Ergebnisbild der Bereich, in dem sich Eingabebild A und B **nicht** überschneiden.

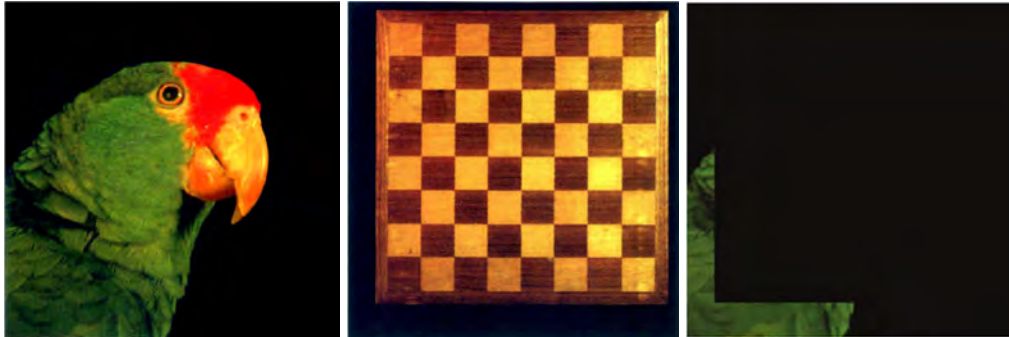


Abbildung 2.69 Eingabebild A und B und Ergebnisbild Out-Operator, hier: A out (außerhalb von) B [BRI08]

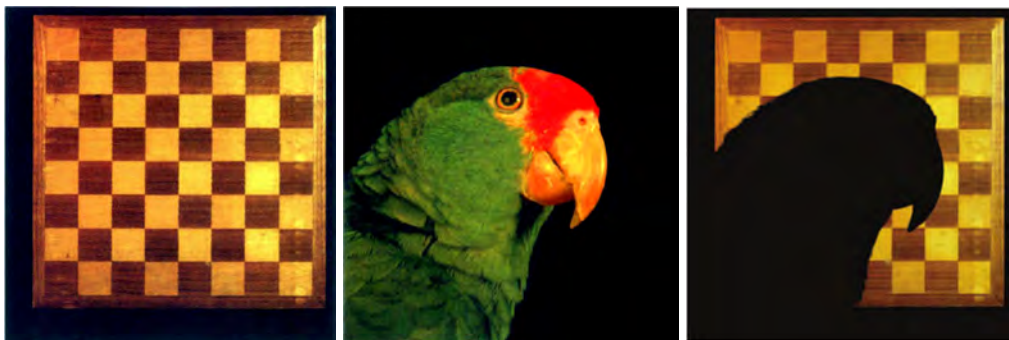


Abbildung 2.70 Eingabebild B und A und Ergebnisbild Out-Operator, hier: B out (außerhalb von) A [BRI08]

- **Atop** [$O = (A \text{ in } B) \text{ über } B$
oder
 $O = A \text{ Atop } B$]

Erweiterung des In-Operators. Hier wird ein Vordergrund über einem Hintergrund platziert, aber nur in dem Bereich, wo die Hintergrundmaske ist.

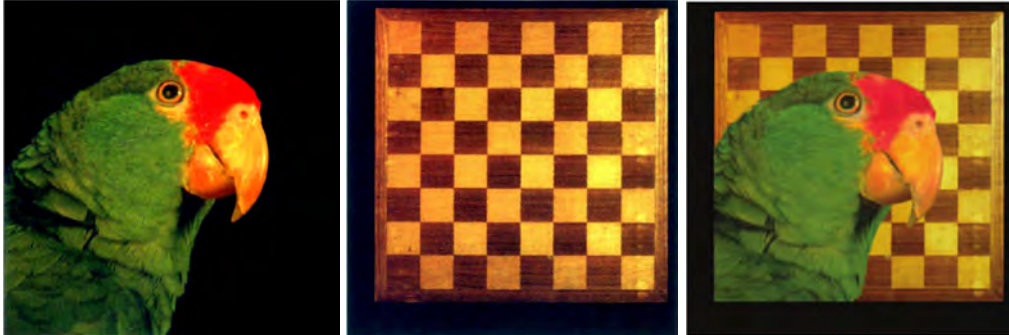


Abbildung 2.71 Eingabebild A und B und Ergebnisbild Out-Operator, hier: A Atop B [BR108]

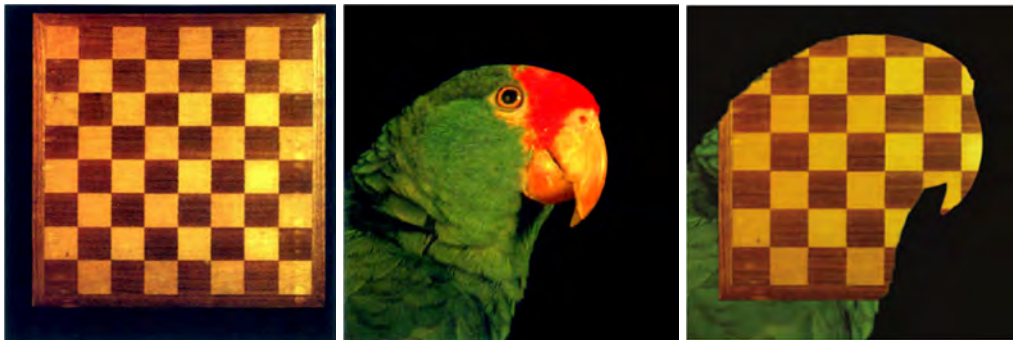


Abbildung 2.72 Eingabebild B und A und Ergebnisbild Out-Operator, hier: B Atop A [BR108]

- **Z-Compose (Compositing mit Tiefeninformationen)**

Bei dieser Methode wird das Ergebnisbild anhand der Werte der Tiefenkarte (Z-Depth-Werte) beider Eingabebilder, die miteinander verglichen werden, erstellt. Die Position der einzelnen Pixel beider Eingabebilder auf der Z-Achse wird somit durch die Tiefenkarte bestimmt.

Diese Thematik wird später im Zusammenhang mit CG-Objekte und deren Einbau im Compositing detaillierter beschrieben (2.3.21).

- **Over**

Keymix [$O = (\text{Vordergrund A} \times \text{Maske}) + (\text{Hintergrund B} \times (1 - \text{Maske}))$]

Der Keymix ist die Methode (ein weiterer Masken-Operator), mit der ein Vordergrund anhand einer Maske über einen neuen Hintergrund gelegt werden kann und ist somit das Herzstück des Compositings. Der Keymix wird manchmal auch als Normal-/Over-/Überverfahren bezeichnet. [DUM10]

Diese Methode zeichnet eine hohe Steuerungsmöglichkeit der einzelnen Schritte, Flexibilität und Ergebnisqualität (gegenüber dem optischen Compositing) aus.

Es wird eine entsprechende Maske benötigt, die den Vordergrund wiedergibt.

Die dezidierten Erläuterungen zur Erstellung von Masken werden separat beschrieben.

Die zentralen Bestandteile sind Vorder- und Hintergrund sowie die dazugehörigen Masken.

- **Vordergrund und Maske (Schritt 1)**

An den Stellen, an denen der Hintergrund sichtbar sein soll, muss der Vordergrund entsprechend transparent (und bei semi-transparenten Bildanteilen wie Haaren oder bestimmten Kantenbereichen teilweise transparent) gemacht bzw. freigestellt werden.

Dafür werden die drei RGB-Kanäle des Vordergrundes mit den Intensitätswerten der passenden Ein-Kanal-Maske multipliziert, d.h. jeder Pixel des Vordergrundes wird mit dem korrespondierenden Pixel der Maske multipliziert. Der ganz blickdichte Teil der Maske hat einen Wert von 1^{153} , der ganz transparente Teil hat einen Wert von 0 und Semi-Transparenzen liegen dazwischen. [DUM10]

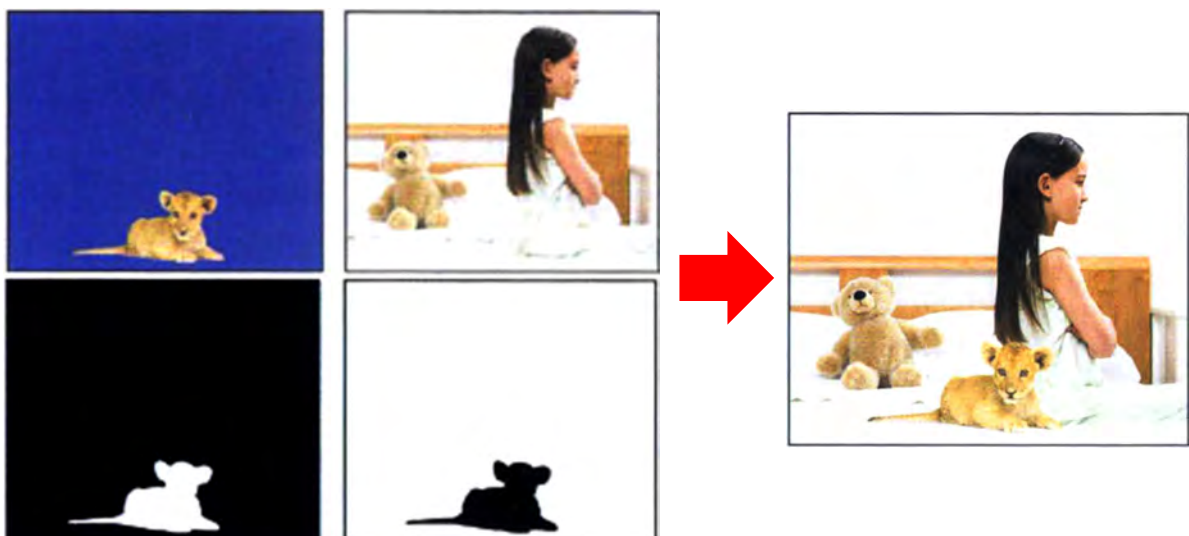


Abbildung 2.73 Vorder- und Hintergrund mit dazugehöriger Maske und Ergebnis Keymix [DUM10]

¹⁵³ anstelle von bspw. 255 für reines Weiß bei 8-Bit-Bild

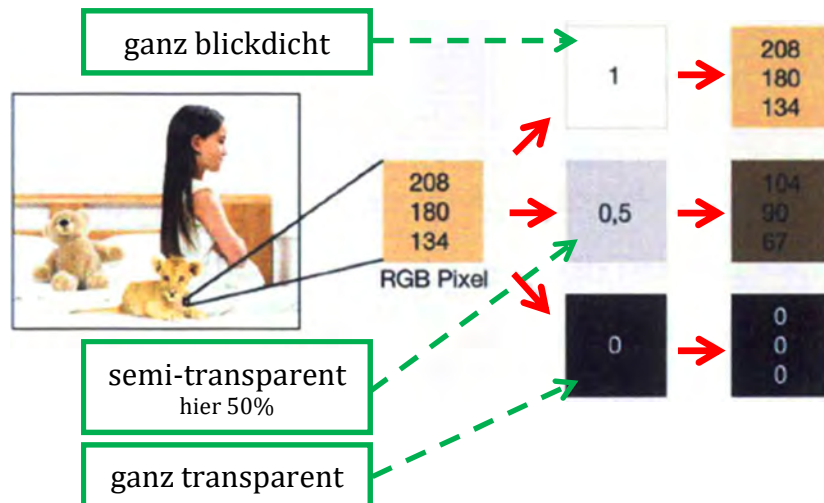


Abbildung 2.74 Beispiel Maskenmultiplikation (blickdicht, semi-transparent und transparent) [DUM10]

Wenn die RGB-Kanäle eines Bildes mit der Maske multipliziert wurden, wird dieses als vormultipliziertes Bild¹⁵⁴ bezeichnet.



Abbildung 2.75 Vordergrund x Maske = vormultipliziertes Bild [DUM10]

- **Hintergrund und invertierte Maske (Schritt 2)**

Nachdem der Vordergrund an den Stellen, an denen der Hintergrund sichtbar sein soll, schwarz (transparent) ist, wird nun der Hintergrund an den Stellen schwarz (transparent) gemacht, an denen der Vordergrund sichtbar sein soll.

Der Grund für die (invertierte) Maske im Hintergrundbild ist der, dass ansonsten der Bereich des Vordergrundes auf dem Hintergrund als Doppelbelichtung erscheint, da die Pixel beider Ebenen an dieser Stelle addiert werden. [DUM10]

¹⁵⁴ Engl.: premultiplied image



Abbildung 2.76 vormultipliziertes Vordergrund + Hintergrund = partielle Doppelbelichtung [DUM10]

Somit wird der Hintergrund mit der invertierten Maske des Vordergrunds multipliziert. [(Hintergrund x (1 - Maske))]



Abbildung 2.77 Hintergrund + invertierte Maske Vordergrund = vormultiplizierter Hintergrund [DUM10]

- **Addition der Ergebnisbilder**

Wurden die ersten beiden Schritte durchgeführt (Multiplikation Vordergrund mit Maske und Multiplikation Hintergrund mit invertierter Maske), werden die Ergebnisbilder der beiden Multiplikationen addiert und es entsteht als Ergebnis der Keymix.



Abbildung 2.78 vormultipliziertes Vordergrund + vormultiplizierter Hintergrund = Composite [DUM10]

Es besteht auch die Möglichkeit, den gesamten Vordergrund mit einer Semi-Transparenz über den Hintergrund zu legen (um z.B. einen Geist darzustellen). Dies nennt man Auf- und Ablenden des Keymix. Hierfür kommt ein Transparenzfaktor (T)¹⁵⁵ hinzu. Die modifizierte Gleichung der Over-Methode lautet dann [$O = \text{Vordergrund } A \times (T \times \text{Maske}) + \text{Hintergrund } B \times (1 - (T \times \text{Maske}))$]

¹⁵⁵ $T > 0$ und < 1 . Wenn bspw. $T = 0,5$, dann entspricht dies einer Deckkraft von 50%.

- **Under**

Diese Methode (Unter-Methode) liefert dasselbe Endergebnis wie die Over-Methode, jedoch wird hier das Eingabebild B unter Verwendung der Maske unter das Eingabebild A platziert. [DUM10]

2.3.17 Maskenerstellung und Bearbeitung

Masken dienen dazu, separate Bildelemente innerhalb des Composites zu einem harmonischen Ganzen zusammenzufügen.

Eine Maske (auch Matte oder Alpha¹⁵⁶ genannt)¹⁵⁷ ist ein Graustufen-1-Kanal-Bild, mit dem anhand seiner Pixel- bzw. Graustufenwerte die Transparenz oder eine andere Eigenschaft einer Ebene/Layer gesteuert werden kann.

Masken werden eingesetzt, um (mindestens) ein Bildelement (unter Verwendung des Over-Operators bzw. Keymix) über/vor einen Hintergrund zu platzieren und um festzulegen, welche Bildbereiche blickdicht und welche (semi-) transparent sein sollen. Sie können auch eingesetzt werden, um z.B. Farbkorrekturen oder Verzerrungen zu realisieren.

Statische und bewegte Maske

Statische Masken sind beispielsweise Split-Screens, wie sie z.B. für die Visualisierung mehrerer miteinander telefonierender Personen verwendet wird und stellen die einfachste Maskenanwendung dar. Hier wird das Bild in zwei oder mehrere Bereiche unterteilt, welche unterschiedliche Einstellungen zeigen. Die Grenze, an der die Bildbereiche aufeinander treffen ist oft eine einfache gerade Linie.



Abbildung 2.79 Beispiel Split-Screen aus der TV-Serie „24“ [ABC03]

Bei dem nicht einfachen Fall eines Split-Screens, ist das zu isolierende Vordergrundelement im Normalfall viel schwieriger zu bestimmen. Auch wenn es eine statische (unbewegte) Einstellung ist (z.B. eine Person), ist es schwierig, die Maske (für die

¹⁵⁶ Hiermit ist nicht der nicht Alphakanal gemeint.

¹⁵⁷ Der Gebrauch der Begriffe wird jedoch unterschiedlich und uneinheitlich gehandhabt, weshalb die drei Begriffe (Maske, Matte, Alpha) hier als synonym angesehen werden. Bei manchen Programmen werden die Begriffe gleichbedeutend verwendet, andere unterscheiden zwischen der Matte als 1-Kanal-Graustufenbild und der Maske als Spline (Kurve oder Line mit hintereinander geschalteten Kontrollpunkten, siehe unter 2.3.2.8 Gitterverzerrung) zum Freistellen bestimmter Bildbereiche.

Person) durch digitales Ummalen zu erstellen, die dann ja auch die genauen Konturen und Kanteneigenschaften bezogen auf die Semi-Transparenzen wiedergeben soll.

Bewegte Masken werden erstellt, wenn sich die Maske mit dem bewegten (Vordergrund-) Objekt Bild für Bild präzise mitbewegen soll.

Um solch eine Maske zu erstellen gibt es zwei Verfahren: Rotoskopieren und Keying.

Erstellen einer Maske durch Rotoskopieren

Rotoskopieren ist ein manuelles Verfahren, bei dem Filme oder Videos einzelbildweise bearbeitet werden. Verwendung findet dieses Verfahren beispielsweise im Bereich Effekt-Animation, Maskenerstellen durch Rotoskopieren und manchmal bei bestimmten Retuschearbeiten. [DUM10]

Rotoskopieren bezieht sich typischerweise also auf den Prozess, eine Maske für ein bestimmtes Objekt innerhalb einer Szene zu erstellen, indem bei entsprechenden Keyframes der Bildsequenz ein Spline-Umriss definiert wird, die genutzte Software den Umriss für die dazwischenliegenden Frames interpoliert und anschließend aus dem Spline-Umriss eine Maske generiert.

Diese Methode (mit animierter Spline, welche das Objekt freistellt), wird als **Rotosplining** bezeichnet und ist heute die gebräuchlichste Methode.

Eine andere Herangehensweise ist das **digitale Painting**, bei der eine Maske gemalt wird, die das Objekt freistellt.

Bei beiden Vorgehensweisen kann ein unerwünschtes Verschieben, Zittern und Wandern der Maske auftreten. Dieses „Matte Chatter“ wird beim einzelbildweisen Rotoskopieren (leicht) verursacht, weshalb Vorgehensweisen vorzuziehen sind, bei denen zur Freistellung des Vordergrunds Interpolationsmethoden zur Animation genutzt werden können. [DUM10]

Nachfolgend werden die beiden Vorgehensweisen näher betrachtet.

• **Rotosplining**

Bei dieser gebräuchlichen Vorgehensweise werden Splines verwendet. Abhängig von dem zu rotoskopierenden Objekt muss sich der Bearbeiter für eine entsprechende Spline entscheiden. Die gebräuchlichsten Spline-Typen sind:

- Bézier-Kurve (-Kontrollpunkte)
Hier werden Kontrollpunkte verwendet, welche über Tangenziahpunkte verfügen, mit denen man den Verlauf der Kurve zwischen zwei Kontrollpunkten steuern kann. In der folgenden Abbildung wurden beim oberen Bild nur Kontrollpunkte gesetzt und beim unteren Bild beim Setzen der Kontrollpunkte teilweise die Tangenziahpunkte gezogen, um Rundungen zu erhalten.

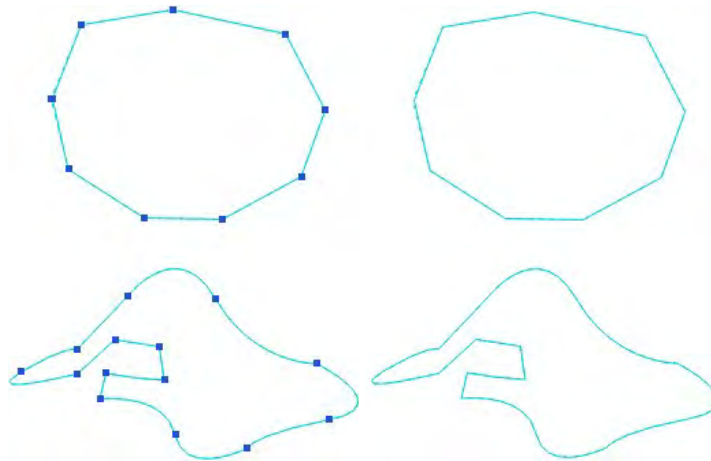


Abbildung 2.80 Beispiel Bézier-Kurve mit und ohne Kontrollpunkte

- B-Spline-Kurve (-Kontrollpunkte)
Bei bikubischen Kontrollpunkten verläuft die Kurve runder zwischen den einzelnen Punkten. Der Grad der Rundung ist vom Abstand der Punkte abhängig und kann in manchen Applikationen nur minimal verändert werden. In der folgenden Abbildung wurden beim oberen Bild nur Kontrollpunkte gesetzt und beim unteren Bild beim Setzen der Kontrollpunkte teilweise die Radien verändert.

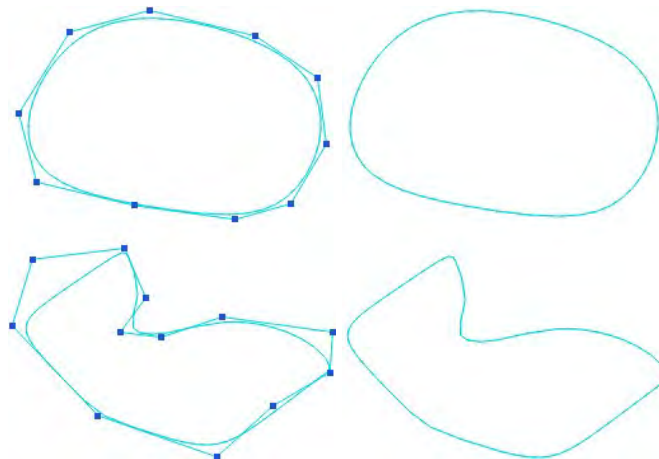


Abbildung 2.81 Beispiel B-Spline-Kurve mit und ohne Kontrollpunkte

Beim Rotosplining sollte man zunächst die Bewegung analysieren. Anschließend werden Keyframes gesetzt: Zunächst der erste und letzte notwendige Keyframe für die Maskenform, dann wird die Bewegung durch weitere gezielt gesetzte Keyframes verfeinert. Es sollte versucht werden, die Interpolationsmethoden optimal auszuschöpfen und so viel Arbeit wie möglich vom Rechner durchführen zu lassen, welcher die Form und Position der Maske in den Bildern zwischen den Keyframes interpoliert. [DUM10]

Um eine präzise Maske zu erstellen, sollte die Maske genau am inneren Rand des Objekts liegen/verlaufen, wo das zu maskierende Objekt noch komplett (zu 100%) blickdicht ist und somit keine Teile des Hintergrunds durchscheinen (um zu vermeiden, dass unerwünschte Hintergrundfarben ins Compositing gelangen).

Um bessere Ergebnisse beim Prozess des Rotosplining zu erreichen sollte man folgende Punkte beachten:

- **Stark Einzoomen**
Um die Maske passgenau anlegen und Details des Vordergrunds präzise herausarbeiten zu können, sollte stark eingezoomt werden.
- **Kontrollpunkte an Objekt anpassen**
An den Stellen, die für das Herausarbeiten der Form erforderlich sind, sind die Kontrollpunkte zu setzen.
- **Anzahl Kontrollpunkte so gering wie möglich halten**
Um das beschriebene Matte Chatter zu verhindern, sollten so wenig Kontrollpunkte wie möglich gesetzt werden, d.h. je mehr Punkte, desto größer die Gefahr, dass Matte Chatter auftritt.

Außerdem sollten die Kontrollpunkte nicht einzeln, sondern als Gruppe oder in Bereichen bewegt werden, wodurch zu viel „Eigenleben“ einzelner Kontrollpunkte und auch unruhige Maskenkanten verhindert werden können. [DUM10]

- **Komplexe Vordergründe in mehrere Masken unterteilen**
Wenn ein Objekt mehrere sich bewegende Elemente innerhalb der Szene hat, sollte für jedes einzelne sich bewegende Element eine Unter-Maske erstellt werden. Auch wenn dies mehr Aufwand bedeutet, resultiert daraus eine gute Maske mit mehr Integrität der Teilmasken. Die einzelnen Teilmasken können bewegt werden, ohne weitere Punkte hinzuzufügen oder individuell zu manipulieren. Dieses reduziert Matte Chatter. [GRE15]
Um die Handhabung eines Objekts mit mehreren Teilmasken zu vereinfachen, kann man eine Hierarchiestruktur einrichten. [DUM10]
- **Masken richtig bewegen**
Wenn man Masken bewegen möchte, so sollte man die gesamte Maske oder so viele komplette Umriss wie möglich bewegen, indem man diese wie eine Einheit/Gruppe verschiebt, skaliert und/oder rotiert. Ist dies nicht möglich, sollten so viele gesamte Umriss wie möglich transformiert werden. Sollte auch das nicht zielführend sein, sind so viele Punkte wie möglich zusammen als Einheit/Gruppe zu transformieren. Erst als letzte Möglichkeit sollten einzelne Punkte transformiert werden (als Spline). [Gre15]
- **Keyframes sinnvoll setzen**
Zuerst werden die Bewegungsabläufe des Objekts analysiert und dann an den Stellen Keyframes gesetzt, wo Bewegungsabläufe beginnen und enden. Dadurch erhält man, nachdem der Computer zwischen diesen extremen Keyframes interpoliert, eine Maske, die sich besser mit dem Objekt mitbewegt und aufgrund dessen weniger nachgebessert werden muss. [DUM10]
Die Anzahl der Keyframes sollte so gering wie möglich sein, um eine möglichst saubere und gleichmäßige Animation zu erhalten. [GRE15]
Unterstützung leistet dabei der mathematische Operator „Vereinfachen“, um damit die Animation zu vereinfachen und letztlich die Bewegung der Maske zu glätten.

- **Digitales Painting**

Da das Rotoskopieren eine sehr mühselige und zeitaufwendige Vorgehensweise ist, bei der viele Probleme auftreten können, sollte dieses Verfahren nur dann genutzt werden, wenn alle anderen Möglichkeiten zur Maskenerstellung ausgeschöpft sind. Hier werden durch den Bearbeiter zunächst die Umriss des freizustellenden Objekts mit einem digitalen Pinsel nachgezeichnet. Da man einzelbildweise vorgehen muss und die Maske nicht interpolieren kann, entsteht so sehr schnell Matte Chatter. Deshalb ist das Rotosplining dieser Methode vorzuziehen.

Auch wenn es teilweise Auto-Paint-Werkzeuge gibt, die es dem Bearbeiter ermöglichen, einen Pinselstrich auf andere Bilder anwenden zu können (was dem Matte Chatter etwas entgegenwirkt), so ist dies bei sich bewegenden Objekten nicht flexibel editierbar. Eine echte Anwendbarkeit für Roto-Arbeiten ist daher nicht gegeben. [DUM10]

Jedoch gibt es objektbasierende Paintprogramme, die es dem Bearbeiter erlauben, digitale Pinselstriche über die Dauer der Szene zu editieren, was Matte Chatter entgegenwirkt. Diese Programme sind deshalb sehr gut für Roto-Arbeiten einsetzbar. Es werden dort auch grafische Formen angeboten, die animierbare Splines nutzen und es folglich eine fließende Grenze zwischen Paint- und Roto-Werkzeug gibt. [DUM10]

Paintprogramme sind generell von großer Bedeutung, was die Retusche und Verbesserung von Masken anbelangt.

Probleme des Rotoskopierens und Lösungen

Viele Probleme können dem Bearbeiter das Rotoskopieren erschweren. Typische Probleme und mögliche Lösungsansätze werden nachfolgend kurz erläutert.

- **Interlaced Material**

Bei der Verwendung von Interlaced-Videomaterial kann es zu einem temporären Versatz zwischen den einzelnen Videofeldern kommen. Um diesem Problem zu begegnen, sollte das Interlaced-Material deinterlaced (zerlegen in die beiden Videofelder bzw. Halbbilder) werden, bevor rotoskopiert wird, um so die einzelnen Halbbilder bearbeiten zu können. Die Aufspaltung in Halbbilder verdoppelt logischerweise auch die zu bearbeitenden Bilder. Nach der Bearbeitung muss das Material wieder interlaced werden, damit wieder ein interlaced Vollbild mit richtiger Gesamtzahl an Vollbildern vorliegt. [DUM10]



Abbildung 2.82 Beispiel Interlaced Bild [DUM10]

- **Bewegungsunschärfe¹⁵⁸ und Unterwasseraufnahmen**

Bezogen auf das Rotoskopieren liegt bei Objekten mit Bewegungsunschärfe (Objekte sind verschwommen) die Schwierigkeit darin, das Objekt auszuschneiden. Man geht hier so vor, dass man das Objekt da ausschneidet, wo es nicht mit dem Hintergrund vermischt ist (also komplett aus Vorderrund besteht) und die Bewegungsunschärfe mit Hilfe eines entsprechenden Filters nachträglich im Compositing wieder hinzufügt, damit sich das Objekt wieder harmonisch im Compositing integriert.



Abbildung 2.83 Beispiel Vordergrund mit Bewegungsunschärfe, Splines und Maske [WRI11]

Ähnlich wie bei der Bewegungsunschärfe von Objekten verschwimmt auch bei Unterwasseraufnahmen oft der Vordergrund mit dem Hintergrund, was ebenfalls ein Freistellen dort erfordert, wo das freizustellende Objekt noch zu 100% vorhanden ist, so dass nicht Anteile des Hintergrundes im Ergebnis erscheinen. Zur harmonischen Integration des freigestellten Objektes wird dieses im Compositing mit einem Unschärfefilter bearbeitet.

- **Feine Details, Semi-Transparenzen und Transparenzen**

Dadurch, dass das Rotoskopieren nicht gut geeignet ist, um Masken zu erstellen, die feine Kantendetails oder Semi-Transparenzen (wie Haare, Federn, Fell etc.) beinhalten, muss hier ein Kompromiss eingegangen werden. Der Bearbeiter muss nach der Beurteilung des Bildes entscheiden, wie viel Detail herausgearbeitet werden soll, damit der Zuschauer im Ergebnisbild nichts vermisst. Grundsätzlich sollte so viel Detail wie nötig (um realistisch und glaubwürdig zu wirken) rotoskopiert werden.



Abbildung 2.84 Beispiel Vordergrund mit feinen Details und Semi-Transparenzen [DUM10]

Transparente Objekte gehören eigentlich zu den Problemen beim Keying. Hier wird das Objekt nur so gut wie möglich freigestellt. Die weiteren Schritte zur Beseitigung des Hintergrundes des transparenten Objekts erfolgen dann im anschließenden Compositing durch Regelung von Transparenz und Farbe. [DUM10]

¹⁵⁸ Engl.: Motion Blur



Abbildung 2.85 Beispiel Vordergrund mit Transparenzen [WRI11]

Motion Tracking

Bewegte Vordergründe müssen oft freigestellt werden, weshalb durch viele Applikationen die Möglichkeit gegeben ist, dass die Maske dem freizustellenden Objekt über die Dauer des Clips mit Hilfe von Tracking folgt. Das Tracking wird später näher erläutert.

Tracer

Der Tracer ist ein spezielles Werkzeug, das die Funktionen des Rotoskopierens und des Keyens kombiniert. Mit ihm können z.B. Bereiche freigestellt werden, die sonst nur schwer zu keyen oder freizustellen sind. Dieses Werkzeug verfügt über eine Spline-Maske mit zusätzlichen sogenannten „Picker“, womit auch feine Details (wie Haare oder Fell) freizustellen sind (was so mit einer einfachen Spline-Maske kaum freizustellen ist). Durch die Picker wird die Umgebung inner- und außerhalb der Maske auf Luminanz- und Chrominanz-Unterschiede analysiert und so der gewünschte Maskenrand mit hoher Präzision ermittelt. [DUM10]

Erstellen einer Maske durch Keying

Da das Rotoskopieren sehr zeitaufwendig und fehlerbehaftet ist und in der Regel nicht zur Freistellung von Semi-Transparenzen und feinen Details geeignet ist, wird ein automatisiertes (programmierbares) Verfahren zur Erstellung einer Maske benötigt, welches den genannten Problemen begegnet und die Hauptarbeit den Computer machen lässt. Diese Form der Maskenextraktion wird Keying genannt.

Definition Keying:

„Als Keying bezeichnet man den (semi-)automatischen Vorgang, bei dem der Rechner die Pixelwerte (Intensitäts- bzw. Farbwerte) einer Einstellung/Clip auswertet, um ein Vordergrundelement von seinem bestehenden Hintergrund zu isolieren, und hierbei eine Maske erstellt. Anhand dieser Maske kann der Vordergrund vor einen anderen Hintergrund gestellt werden.“ [DUM10]

Der Grundgedanke hierfür ist der, dass Vorder- und Hintergrund (auf Basis des Keys = der extrahierten Maske) wie Schloss und Schlüssel passend aufeinander abgestimmt zusammengesetzt werden.

Vorab sei erwähnt, dass auch das Keying ein mit Mängeln und Problemen behafteter Vorgang ist. Denn selbst wenn beispielsweise der Green- oder Bluescreen perfekt ausgeleuchtet ist, so beruht die Maske (des Vordergrundelements mit all ihren Kanteneigenschaften und semi-transparenten Anteilen) auf einer ungefähren Schätzung, da fast alle Pixel des Vordergrunds im RGB-Farbraum auch grüne bzw. blaue Farbanteile enthalten und die Beurteilung, welche Pixel zum Screen (Hintergrund) und welche zum Vordergrund gehören abhängig von den Parametereinstellungen ist.

Das Green-/Blue-Screen-Drehen:

Bevor die verschiedenen Keying-Verfahren beschrieben werden, wird nachfolgend auf allgemeine Vorgehensweisen zum Drehen mit einem Screen eingegangen, da Screens und Aufnahmen die diese nutzen für einige der Keying-Verfahren und somit für deren Maskenextraktion unabdingbar sind.

Das Drehen mit einem Screen ist ein komplexer Prozess, bei dem Viel von den Gegebenheiten der jeweiligen Aufnahme abhängt. Allerdings gibt es einige allgemeine Aspekte, die eine Maskenextraktion von Screen-Material erleichtern.

Grundsätzlich sollte das Bild optimal ausgenutzt werden (Vordergrundelement/Aktionsbereich so groß wie möglich), um so eine größtmögliche örtliche Auflösung zu erhalten. Außerdem reicht es aus, wenn der Aktionsbereich mit Screen gefüllt ist, andere Bereiche (störende Elemente) können einfach mit einer Ausschlussmaske ausgeblendet werden. Generell wird die Verwendung von nicht zu weitwinkligen Objektiven angeraten, da die Scharfzeichnung in den Ecken bei diesen etwas verschwimmen kann und es sollte auch nicht mit komplett geöffneter Blende gedreht werden, da sonst fast immer Schärfeprobleme auftreten. Auch sollte der Vordergrund immer scharf aufgenommen werden. Anpassungen der Schärfe (z.B. Bewegungsunschärfe, Fokuswechsel etc.) können in der Postproduktion erfolgen. [DUM10]

Die Auswahl der Screenfarbe (für die digitale Bearbeitung könnte prinzipiell jede stark gesättigte Farbe als Screenfarbe verwendet werden) ist grundsätzlich abhängig vom

Vordergrund und die Farbe des Screens sollte möglichst pur (ohne andere Farbanteile) vorliegen. Es sollte eine Screenfarbe gewählt werden, die nicht im Vordergrund enthalten ist. Meist wird für das Drehen mit Menschen ein grüner Screen (Green-Screen) verwendet und nicht Rot, da die Haut hohe Rotanteile hat. Ein schwarzer Screen wird bei Aufnahmen verwendet, bei denen der Luminanz-Keyer angewendet wird. Dazu zählen pyrotechnische Aufnahmen wie Feuer, Explosionen und Partikel. Bei Außenaufnahmen unter freiem Himmel wird in der Regel mit einem Green-Screen gearbeitet¹⁵⁹, auch wenn die Vordergrundaufnahme später wieder in eine Außenaufnahme integriert werden soll und die blaue Kontaminierung des Vordergrunds dann weniger auffällig als die grüne ist. Entsprechende farbliche Maßnahmen werden von den Applikationen sehr gut umgesetzt. [DUM10]

Generell sollten Semi-Transparenzen und feine Details sowie reflektierende Elemente soweit möglich reduziert werden, um den Aufwand in der Postproduktion nicht unnötig zu erhöhen.

Beim Screen-Dreh sollte der Abstand zwischen Vordergrund und Screen möglichst groß sein, um Spill zu verhindern.

Wenn mobile Screens¹⁶⁰ verwendet werden, sollte der Stoff falten- und streifenfrei aufgehängt sein.

Stoff-Screens (spezieller Stoff) sind angestrichenen Screens aufgrund deren höherer Lichtreflektionen und dem dadurch leichter auftretenden Spills vorzuziehen. Auch spezielle selbstleuchtende Folien in Screenfarben sind erhältlich, liefern jedoch keine hochwertigen Ergebnisse.

Die Ausleuchtung von Vordergrund und Hintergrund (Screen) muss separat erfolgen (und somit auch nur auf dieses gerichtet sein) und an den später eingesetzten Hintergrund angepasst sein (bezogen auf die Lichtrichtung und Intensität). Dies ist in der Praxis nicht ganz einfach. Die Belichtung ist hier auch ein wichtiger Punkt. Grundsätzlich sollte der Screen nicht unter dem Vordergrund belichtet werden (Screen und Vordergrund sollten nahezu die gleiche Arbeitsblende haben). Zur Beurteilung sollte ein Belichtungsmesser eingesetzt werden. Der Screen sollte gleichmäßig ausgeleuchtet werden und keine Helligkeitsschwankungen (mit Schatten und hellen Flecken¹⁶¹) aufweisen. Als Anhalt für die Entfernung der Lampen zur Beleuchtung des Screens kann folgende Faustregel dienen: Höhe des Screens geteilt durch zwei entspricht in etwa der sinnvollen Lampenentfernung zur Screenbeleuchtung. Bei einem hell ausgeleuchteten Vordergrund sollte ein etwas dunklerer Screen und umgekehrt angesetzt werden, jedoch kommt es im Einzelfall immer auf die Farben an. Generell geht es darum, dass die Kanten des Vordergrunds nicht mit dem Hintergrund verschwimmen („absaufen“), aber zu viel Kontrast zwischen Vorder- und Hintergrund kann auch zu einer Verschlechterung der Maske führen¹⁶².

Effektfilter sollten beim Drehen mit einem Screen nicht verwendet werden. Gelegentlich können Polarisationsfilter (zur Reduktion von Reflektionen, welches digital nicht ersetzt werden können und Farben werden verstärkt) Verwendung finden und auch die Green-

¹⁵⁹ Bei Verwendung eines Blue-Screens könnte die erfolgreiche Trennung zwischen Vorder- und Hintergrund erschwert werden, da der Himmel blaues Licht auf den Vordergrund werfen könnte. [DUM10]

¹⁶⁰ Für digitale Aufnahmen sind Stoffe mit der Bezeichnung „digital green“ oder „digital blue“ anderen vorzuziehen.

¹⁶¹ Engl.: Hotspots

¹⁶² Ein zu dunkler Screen kann schnell zu störenden Schattenrändern am Vordergrund führen und ein zu heller Screen verliert an Sättigung und steigert die Gefahr für Spill. [DUM10]

/Blue-Screen-Aufnahmen begünstigen, jedoch ist das Fehlen jeglicher Reflektionen auch nicht wünschenswert und wirkt nicht realistisch.

Die Drehreihenfolge sollte folgende sein: Zuerst wird der spätere Hintergrund (vernachlässigbar bei CG-Hintergrund, da dieser angepasst werden kann), dann ein Clean Plate vom Screen und erst dann die eigentliche Screen-Aufnahme mit Vordergrund aufgenommen.

Grundsätzliche Prinzipien beim Keying und Keying-Verfahren:

Die verschiedenen Keying-Verfahren, deren Algorithmen und die Vor- und Nachteile der Verfahren sowie grundsätzliche Prinzipien (bezogen auf den Keying-Prozess) werden hier beschrieben.

Zu den **grundsätzlichen Prinzipien** beim Keying gehören:

- **Mit höchster Auflösung arbeiten**
Im Gegensatz zur Animation von Bewegungen oder zur Festlegung von Timing einer Animation und auch beim Tracken, wo oft im Proxy-Mode (Nutzung geringerer Auflösung und Datenraten, um Renderzeiten zu minimieren) gearbeitet wird, sollte beim Keying (wieder) auf die höchste zur Verfügung stehende Auflösung der Daten (Farbtiefe und örtliche Auflösung) zurückgegriffen werden. Höchste Farbtiefe ist besonders für Chrominanz- und Farbdifferenz-Keyer sinnvoll, da diese Keyer auf der Auswertung der Chrominanz-Information beruhen und sich somit bei höherer Farbtiefe ein besserer Key ziehen lässt. Eine höhere örtliche Auflösung (größere Pixelanzahl) ist ebenfalls vorteilhaft, denn dadurch können die Kanten besser bearbeitet werden¹⁶³. [DUM10]
- **Maske testen**
Eine Maske sollte immer in der Bewegung beurteilt werden, um ggf. die Einstellungen anzupassen. Auch sollten Vordergrund und Maske vor dem gewünschten Hintergrund bezogen auf die Kanteneigenschaften betrachtet und analysiert werden. Oft ist es auch hilfreich, den Vordergrund mit Maske über ein Volltonbild (z.B. schwarz) zu legen, um die Maske zu prüfen.
- **Sorgfältig arbeiten**
Einen Keying-Filter anzuwenden ist einfach, trotzdem ist es nicht einfach, einen sehr guten Key zu ziehen. Die im Keyer vorhandenen Einstellungen sollten sorgfältig geprüft und angewendet werden, damit der Vordergrund mit seinen Kanteneigenschaften über die Dauer des Clips perfekt wiedergegeben wird. [DUM10]
- **Key In Plate / zu extrahierende Einstellung vorbehandeln**
Um eine gute Maskenextraktion sicherzustellen, sollte die zu extrahierende Einstellung mit verschiedenen Filtern (z.B. Filter zur Kornreduktion, um unruhige Maskenkanten zu verhindern) vorbehandelt werden. Dieses Konzept wird als „Key In Plate“ bezeichnet. Wenn der Key von der vorbehandelten Einstellung gezogen wurde, wird meist wieder auf die Originaleinstellung zurückgegriffen, die dann mit der Maske über den neuen Hintergrund gelegt wird.

¹⁶³ Kante z.B. 6 Pixel bei 2K-Bild und 1 Pixel bei SD-Bild.

Keying-Verfahren (Luminanz-Keyer, Chrominance-Keyer, Differenz-Keyer und Farbdifferenz-Keyer)

- **Luminanz-Keyer (kurz Luma-Keyer)**

Grundsätzlich wird der Luminanz-Keyer bei Special-Effects- bzw. pyrotechnischen Aufnahmen (Feuer, Explosionen oder andere Leuchtpartikel) angewendet, welche vor einem schwarzen Hintergrund aufgenommen wurden. Er kann eingesetzt werden, wenn zwischen Vordergrundelement und dem bestehenden Hintergrund ein großer Helligkeitsunterschied vorhanden ist.

Somit werden hier die Helligkeitswerte genutzt, um ein Element von seinem Hintergrund zu lösen und so die Maske zu erstellen. Die so gewonnene Maske kann dann genutzt werden, um das Element vor den neuen Hintergrund zu platzieren.

Sollten die Helligkeitsunterschiede nicht ausreichen, um eine guten Key zu ziehen, so muss die Maske weiter bearbeitet werden. Hier ist ggf. der Einsatz von Ausschlussmasken empfehlenswert. [DUM10]

Das ausschlaggebende Kriterium, ob der Luminanz-Keyer für die vorliegende Einstellung geeignet ist, sind die erforderlichen großen Helligkeitsunterschiede zwischen Vorder- und Hintergrund.

Vorgehensweise:

Liegen die erforderlichen großen Helligkeitsunterschiede in der betreffenden Einstellung vor (um Vordergrund von seinem bestehenden Hintergrund zu trennen), so kann der Luminanz-Keyer eingesetzt werden.



Abbildung 2.86 Beispiel Vordergrund mit großen Helligkeitsunterschieden [DUM10]

Wird der Luminanz-Keyer eingesetzt, so wird die farbige Einstellung (der Clip) zunächst in ein Graustufenbild umgewandelt (Übertragung der Intensitätswerte des RGB-Bildes in Graustufenbild, welches die Helligkeitswerte des Eingabebildes enthält). Anschließend kann die Toleranz angepasst werden, die reguliert, ob mehr oder weniger dunkle Pixel ausgeblendet werden. Eine Erhöhung der Toleranz bewirkt eine Erhöhung des Pixelbereichs, welcher vollständig transparent ist und so erhält man einen komplett hartkantigen Key.



Abbildung 2.87 Beispiel Maske nach Anpassung der Toleranz [DUM10]

Anschließend wird die Weichheit (Softness) bearbeitet, um das Element später besser im Compositing zu implementieren. Somit steuert die Weichheit der Maske den Übergang des Vordergrundes zum Hintergrund. Wird die Weichheit erhöht, so wird der Vordergrund innerhalb der Maske transparenter (Grautöne werden hinzugefügt) und man erhält Semi-Transparenzen innerhalb der Maske sowie weiche Kanten.



Abbildung 2.88 Beispiel Maske nach Erhöhung der Weichheit [DUM10]

Sollten bestimmte Bildanteile von der Wirkung des Luma-Keyers ausgenommen werden, so kann hierfür eine Ausschlussmaske verwendet werden. Durch eine Ausschlussmaske (sind Spline-Masken, also Rotoskopie-Masken) werden bestimmte Bereiche definiert, die nicht durch den Luma-Keyer einbezogen werden sollen (Bereich der Ausschlussmaske wird opak/weiß). Auch kann man mit Ausschlussmasken unerwünschte Bildelemente ausblenden (Bereich der Ausschlussmaske wird transparent/schwarz).

Luminanz-Keyer können auch eingesetzt werden, um bestimmte tonale Bereiche (wie Lichter/Highlights) zu isolieren und anschließend anhand dieser Maske einen Filter (z.B. Glow-Filter) auf diesen tonalen Bereich anzuwenden. [DUM10]



Abbildung 2.89 Beispiel weitere Einsatzgebiete Luminanz-Keyer; links: Eingabebild, mittig: Luminanz-Maske, rechts Ergebnisbild mit Glow-Filter auf den Lichtern [DUM10]

- **Chrominanz-Keyer (kurz Chroma-Keyer)**

Mit dem Chrominanz-Keyer kann man eine frei wählbare Farbe (z.B. jede der 16 Mio. Farben aus einem 8-Bit-Bild) ausstanzen. Dieser Keyer wird hauptsächlich bei Green-/Blue-Screen-Aufnahmen eingesetzt, wo diese Hintergründe immer Farben mit einer hohen Sättigung haben. Hier wird vom Normalfall ausgegangen, also dem Bearbeiter liegt somit ein freizustellendes Objekt mit dem dazugehörigen nicht perfekt ausgeleuchteten Hintergrund (Green-/Blue-Screen) vor (Helligkeitsschwankungen innerhalb des Screen-Hintergrunds).



Abbildung 2.90 Beispiel Bluescreen-Aufnahme [DUM10]

Vorgehensweise:

Liegt eine passende Einstellung vor (hauptsächlich eine Farbe mit hoher Sättigung im Hintergrund), so kann bei der Anwendung des Chrominanz-Keyers die auszustanzende Farbe (meist mit einem Pipetten-Werkzeug) ausgewählt werden, die oft als „Key-Farbe“ oder „Zentrum“ bezeichnet wird. Wenn möglich (abhängig von der verwendeten Software) sollte man nicht einen einzelnen farbigen Pixel aus dem Hintergrund auswählen, sondern einen Bereich, aus dem dann ein Mittelwert berechnet wird. Auch sollte so dicht wie möglich am freizustellenden Objekt die Key-Farbe (als Bereich) erfasst werden. Bereiche weiter vom Objekt entfernt können bei Bedarf mit einer Ausschlussmaske (auch Garbage Maske genannt) ausgeschlossen werden. Hilfreich kann manchmal auch das Keyen in einem anderen Farbraum sein, welches bei besseren Chroma-Keyern angeboten wird. [DUM10]

Da der Hintergrund im Normalfall nie perfekt ausgeleuchtet ist, kann in der Regel in den gängigen Compositing-Applikationen ein Toleranzbereich für die auszublendenden Farben angegeben und so auch Bereiche des Screen-Hintergrunds ausgestanzt werden, in denen Helligkeitsschwankungen vorhanden sind.

Anschließend wird die Weichheit der Maske, sprich die halbtransparenten Bereiche festgelegt und so ein weicher Key erstellt, damit sich das Element im Compositing besser einfügen lässt.

Beispiele für hochwertige Chrominanz-Keyer sind der HLS-Keyer¹⁶⁴ oder der 3D-Keyer¹⁶⁵.

Der Chroma-Keyer kann auch eingesetzt werden, um Farbkorrekturen (z.B. bei Haut) vorzunehmen.

¹⁶⁴ HLS-Keyer wandeln das Eingabebild intern in den HLS-Farbraum um und das Bild wird dann entlang der HLS-Achsen analysiert.

¹⁶⁵ Der große Unterschied vom 3D-Keyer zum HLS-Keyer ist die Körperform der lokalisierten Farbe im 3D-Farbraum sowie dessen Ausrichtung. [DUM10]

- **Differenz-Keyer**

Beim Differenz-Keyer werden zwei Eingabebilder/Einstellungen miteinander verglichen und die Differenz aus beiden ergibt die Maske. Dieses stellt rein mathematisch betrachtet eine beidseitige Subtraktion der Eingabebilder dar.

Hierfür wird ein Eingabebild mit dem freizustellenden Vordergrundobjekt vor einem Hintergrund und ein Eingabebild des Hintergrunds (identischer Hintergrund wie beim anderen Eingabebild) ohne Vordergrundelement benötigt. Das Eingabebild, wo nur der Hintergrund vorhanden ist, wird als „Clean Plate“ bezeichnet und das Eingabebild mit Vordergrundelement als „Target Plate“.



Abbildung 2.91 Beispiel Target Plate (links) und Clean Plate (rechts) [DUM10]

Wichtig ist, dass die Einstellungen (Perspektive Kamera und Belichtung) für das Clean Plate mit denen des Target Plates komplett übereinstimmen.

Problematisch sind Ähnlichkeiten zwischen den Farbwerten von Vorder- und Hintergrund. Diese können dazu führen, dass durch den Computer nicht korrekt zwischen beiden Bildern unterschieden wird. Weitere Probleme sind Korn, Belichtungsschwankungen sowie andere Faktoren, die es erschweren, zwei zueinander perfekt passende Eingabebilder (Target und Clean Plate) zu erhalten. [DUM10]

Vorgehensweise:

Wenn zwei passende Eingabebilder vorliegen und der Differenz-Keyer eingesetzt wird, so kann bei den meisten Differenz-Keyern die Toleranz und die Weichheit (Softness) geregelt werden, um einen guten Key zu erhalten.

Der Bereich, der durch den Computer zwischen Target und Clean Plate als gleich angesehen wird, kann mit der Toleranz geregelt werden. Die Weichheit (Softness) passt die Maskenkanten¹⁶⁶ an (weichzeichnen) bzw. fügt Semi-Transparenzen in die Maske ein. [DUM10]

Bei guten Differenz-Keyern können die drei Kanäle separat bearbeitet werden und auch eine Bearbeitung in verschiedenen Farbräumen ist dort möglich.

Der Differenz-Keyer wird oft nur als Ergänzung eingesetzt, wie z.B. bei Green- oder Blue-Screen-Aufnahmen (um durch die Aufnahme des Clean Plate ein weiteres Werkzeug zur Maskenextraktion zur Verfügung zu haben). [DUM10]

¹⁶⁶ Der Differenz-Keyer liefert grundsätzlich eine recht hartkantige Maske.

- Farbdifferenz-Keyer¹⁶⁷

Der Farbdifferenz-Keyer vergleicht die Pixelwerte des Kanals der auszustanzenden Farbe mit den Pixelwerten der beiden anderen Kanäle eines RGB-Bildes. Im Gegensatz zum Chrominanz-Keyer kann die auszustanzende Farbe hier nicht frei gewählt werden.

Vorgehensweise:

Um eine Maske durch den Farbdifferenz-Keyer zu erhalten, wird die Differenz der Farbwerte der drei Kanäle eines RGB-Bildes miteinander verglichen.

Bei einem RGB-Bild besteht jeder Farbwert aus roten, grünen und blauen Farbanteilen. Verwendet man nun beispielsweise eine Bluescreen-Aufnahme, so überwiegen die Blauanteile im Bereich des Bluescreens und im Vordergrund überwiegen die roten und grünen Farbanteile (sie müssen überwiegen, um eine korrekte Maske zu erhalten). Diese Farbdifferenz wird hier genutzt, um eine Maske zu generieren. Zunächst wird das RGB-Bild in seine drei Kanäle aufgespalten. Um nun die Farbdifferenz des Hintergrunds zum Vordergrund zu ermitteln, wird vom blauen Kanal der jeweils höhere Wert der beiden anderen Kanäle abgezogen (mal ist der grüne, mal der rote Pixelwert des Vordergrunds höher). Hierfür wird die Transfermethode „Maximum/Aufhellen“ zur Verrechnung des roten und grünen Kanals verwendet und so kommt der jeweils höhere Wert in das Zwischenergebnis (Max [R,G]), der dann vom blauen Kanal abgezogen wird. [DUM10]

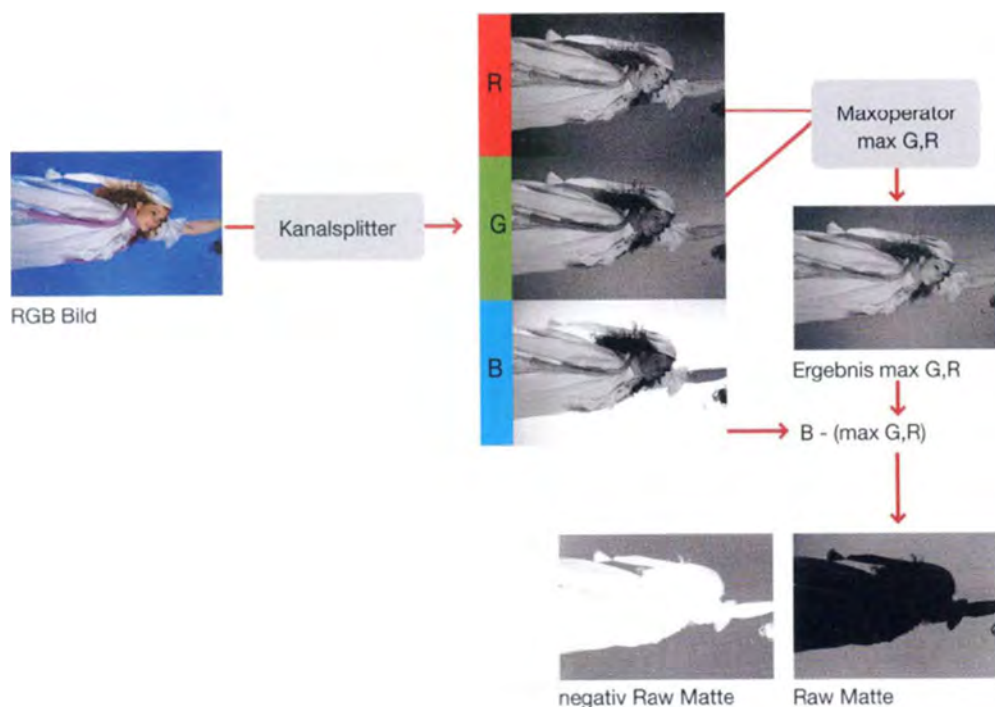


Abbildung 2.92 Prinzip Farbdifferenz-Keyer [DUM10]

Das Ergebnis ist auch hier eine Maske, die anschließend weiter bearbeitet werden kann, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten.

Dieses Prinzip kann natürlich auch bei Green-Screen-Aufnahmen angewendet werden, bei denen dann entsprechend der jeweils höhere Wert des blauen und roten Kanals vom grünen Kanal abgezogen wird. Andere Screenfarben als die Basisfarben (R,G,B) können

¹⁶⁷ Engl.: Color Difference Key

nicht verwendet werden, wodurch sich der Einsatz dieser Methode bei unreinen Screenfarben als sehr problematisch darstellt. [DUM10]

Probleme des Keying und mögliche Lösungen

Beim Keying spielen viele Faktoren eine wichtige Rolle. Nachfolgend wird auf typische Probleme des Keying eingegangen, die durch gute Keyer (die verschiedenen Keyer werden stetig weiterentwickelt) immer besser bewältigt werden.

- **Interlaced Material**

Interlaced Material kann wie beim Rotoskopieren dazu führen, dass zwischen den Videofeldern ein temporärer Bewegungsversatz entsteht, dem nur begegnet werden kann, indem das Interlaced Material in seine Halbbilder zerlegt (deinterlacen), bearbeitet (somit doppelte Anzahl an zu keyenden Bild) und dann wieder in ein Interlaced Gesamtbild zusammengesetzt wird. [DUM10]

- **Semi-Transparenzen**

Auch beim Keying stellen sich Semi-Transparenzen (z.B. Glas, Wasser, Kostümschleier) problematisch dar, denn es muss ja nicht nur das Element freigestellt, sondern auch der Transparenzgrad in der Maske nachgestellt werden. Hierfür können mit der Einstellung der Weichheit (Softness) bestimmte Elemente oder Bereiche transparent gemacht werden (ein Abtasten der Bildbereiche mit einer Pipette o.ä. sollte in der Software möglich sein). Die Transparenz der Maske kann auch über die Steuerung der Tonwerte geregelt werden. Im Zusammenhang mit Semi-Transparenzen und deren Behandlung sind eine Spill-Unterdrückung (Unterdrückung von Überlaufender Screen-Farbe auf das zu keyende Objekt) und eine Farbkorrektur des Vordergrundes wichtig. Problematisch bei durchlässigen Materialien ist auch die Lichtbrechung, der man durch eine separate Aufnahme der Lichtbrechung (und späteres separates Einfügen im Compositing) oder durch digitales Malen der Lichtbrechung begegnen kann.

- **Feine Details**

Bei feinen Details, wie Haare, Fell etc. ist eine Freistellung schwierig und die Ergebnisse differieren bei den bereits erläuterten Keyer-Verfahren. Komplexe Chrominanz-Keyer, 3D-Keyer oder Farbdifferenz-Keyer liefern gute Ergebnisse. Jedoch wird eine fertige Maske oft nicht durch nur einen Keyer erzeugt, sondern entsteht durch die Kombination mehrerer Masken, worauf später genauer eingegangen wird.

- **Schatten**

Auch wenn aktuelle hochwertige Keyer Schatten relativ gut keyen können, so wird doch eher die Möglichkeit genutzt, den Schatten künstlich zu erstellen und so passend in das Compositing einzubauen (denn oft ist der Hintergrund uneben und so würde der freigestellte Schatten nicht passen).

- **Screen-Probleme**

Ein **schlecht ausgeleuchteter Screen** (unter-/überbelichteter Screen) verringert die Qualität der Maske und bedeutet zusätzlichen Aufwand. Dieses Problem tritt sehr häufig auf und lässt sich schwer lösen. Bei einem überbelichteten Screen (Screen ist an manchen

Stellen zu hell und hat somit nicht die erwünschte grüne/blau Farbe) kann es zu Reduzierung von Details kommen. Bei einem unterbelichteten Screen kann es aufgrund des verstärkten Auftretens von Korn zu unruhigen Maskenkanten kommen. Außerdem kann es zu einer Vermischung von Vorder- und Hintergrund im Bild kommen, wenn die Aufnahme durch die Unterbelichtung unscharf wird. In diesem Fall kann keine gute Maske gekeyed und es muss rotoskopiert werden. [DUM10]

Ein weiteres, oft auftretendes Screen-Problem ist ein **ungleichmäßig ausgeleuchteter Screen**. Auch wenn ein Screen für den Bearbeiter gleichmäßig ausgeleuchtet wirkt, muss das nicht immer stimmen. Hier sollte ein Belichtungsmesser für Messungen verwendet und im Keyer ggf. mit den Toleranzeinstellungen des Keyer gearbeitet werden.

Sollte man eine **unreine Screenfarbe** haben (Screenfarbe liegt zu dicht an den Vordergrundfarben), können die Farben nicht gut voneinander getrennt werden. Entweder kann man kontaminierende Farbe absenken, um so eine bessere Farbtrennung zu erreichen oder es muss rotoskopiert werden.

- **Überlaufende Farbe (Spill) und Reflektionen**

Bei Green- oder Blue-Screen-Aufnahmen kommt es häufig vor, dass die Farbe des Screens auf den Vordergrund reflektiert wird und diesen somit kontaminiert (Verfärbungen des Vordergrunds). Dies wird als überlaufende Farbe oder Spill bezeichnet und tritt vor allem bei zu geringen Abständen zwischen Vordergrund und Screen auf. Um diesem schon beim Dreh zu begegnen, sollte der Abstand zwischen Screen und Vordergrund möglichst groß gewählt werden. Generell erschwert die überlaufende Farbe neben der Maskenextraktion auch die Integration des Vordergrundes in das Compositing.

Die Beseitigung des Spills wird auch als Spill-Unterdrückung oder Despill bezeichnet und stellt eine selektive Farbkorrektur (Farbunterdrückung) im Anschluss an die Maskenextraktion dar. Diese selektive Farbkorrektur bezieht sich auf die Screenfarbe, ist auf diese begrenzt, entsättigt die Screenfarbe bzw. die Farbkomponente im Vordergrund und unterdrückt diese so in Richtung neutrales Grau bzw. der Hintergrundfarbe (und neutralisiert dadurch die unerwünschte Farbe). [DUM10]



Abbildung 2.93 Beispiel Vordergrund mit Spill vor neuem Hintergrund und Vordergrund mit Despill vor neuem Hintergrund [DUM10]

Ein Despill geht fast immer einher mit Einbußen in einem Farbanteil des Vordergrundes. Hat der Vordergrund reflektierende Anteile, können diese Licht vom Screen auffangen und reflektieren, was bei Anwendung des Keyers zu Löchern in der Maske führt. Entsprechende kritische Bildbereiche können mit einer Ausschlussmaske geschützt werden.



Abbildung 2.94 Beispiel reflektierende Anteile im Vordergrund [DUM10]

Im Anschluss an das Despill erfolgt dann eine weitere Farbkorrektur zur Anpassung des Vordergrundes an den neuen Hintergrund.

- **Unschärfen**

Grundsätzlich sollten bei VFX-Aufnahmen alle Elemente scharf aufgenommen werden. Entsprechende Unschärfen (z.B. Bewegungsunschärfe) können dann im Compositing hinzugefügt werden. Sollten dennoch unscharfe Aufnahmen verwendet werden (wo sich Vordergrund mit dem Screen vermischt, also semi-transparent wird), ist wie unter dem Punkt „Semi-Transparenzen“ die Weichheit (Softness) zu verwenden sowie ein Despill und eine Farbkorrektur durchzuführen.

- **Rauschen und Korn**

Der Keying-Prozess wird durch Korn und Rauschen erschwert und Kanten erscheinen dadurch oft unruhig. Abhilfe schaffen hier Entkörnungsfilter. Da diese Filter das Bild weicher machen, werden sie zunächst nur auf einem Kanal angewendet, um so viele Details wie möglich zu erhalten. Die Entkörnung¹⁶⁸ sollte auf die anderen Kanäle ausgeweitet werden, wenn die Maskenkanten weiterhin unruhig sind. Auch die Maske selbst kann ggf. entkörnt werden. [DUM10]

- **Störende Elemente im Bild**

Elemente, die zur Aufnahme benötigt werden, jedoch nicht gekeyed werden sollen (z.B. Halterungen, Scheinwerfer oder sonstiges Studioequipment), können mit Hilfe einer Ausschlussmaske¹⁶⁹ beseitigt werden.

¹⁶⁸ Engl.: Degrain

¹⁶⁹ Engl.: Garbage-Matte (kurz G-Matte)

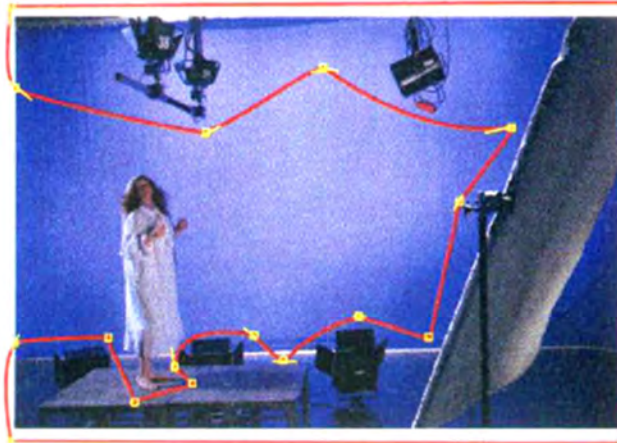


Abbildung 2.95 Beispiel störendes Equipment im Bild [DUM10]

Maskenoptimierung

Die Masken, die von den erläuterten Keying-Verfahren gezogen wurden, sind vor allem bei Screen-Aufnahmen oft keineswegs fertige Masken. Sie sind eher als grobe Entwürfe zu betrachten und benötigen weitere Bearbeitung oder Kombinationen von unterschiedlichen Masken, um ein gutes Ergebnis zu liefern. Das liegt daran, dass man eine Maske haben möchte, die die Details und die Semi-Transparenzen gut darstellt, aber auch blickdicht sein soll. Oft optimiert man die Maske zum Vorteil der einen und zum Nachteil der anderen Eigenschaft¹⁷⁰. Deshalb ist es meist nicht möglich, eine finale Maske mit der Anwendung von nur einem Keyer zu erhalten.

Oft wird daher dazu übergegangen eine Maske für den Kantenbereich (Kantenmaske), die die problematischen Details und die Semi-Transparenzen enthält und eine Maske für den Kernbereich zu erstellen und diese Masken (mit den jeweils bestmöglichst freigestellten Bereichen) anschließend zu einer endgültigen Maske zu kombinieren.

¹⁷⁰ Beispielsweise hat eine Maske nach Anwendung von Softness zwar die richtigen Kanteneigenschaften, jedoch weist diese oft Löcher auf. Wenn nun die Softness etwas zurückgenommen oder die Maske verstärkt wird, werden zwar die Löcher beseitigt, jedoch auch die semi-transparenten Bereiche an der Maskenkante. [DUM10]



Abbildung 2.96 Beispiel für Kernmaske, Kantenmaske und Kombination beider Masken (finale Maske)[DUM10]

Die Kernmaske darf keine unerwünschten Löcher enthalten (diese mit Tonwertkorrektur oder durch Ausschlussmaske beseitigen) und bevor diese Maske mit der Kantenmaske verbunden wird, sollte der Randbereich der Kernmaske verkleinert werden (Kantenpixel zu Hintergrundpixel wandeln), wodurch bei Kombination beider Masken die Kantenbereiche der Kernmaske nicht die der Kantenmaske überlagern. [DUM10]

Die Kantenmaske soll die Kanteneigenschaften auf bestmögliche Weise wiedergeben (Detail und Semi-Transparenzen werden durch sie erfasst). Löcher im Kernbereich sind für diese Maske irrelevant, da dieser Bereich durch Kombination mit der Kernmaske ersetzt wird.

Auch besteht die Möglichkeit, eine Randmaske zu erstellen, wenn der Kantenbereich des Vordergrunds z.B. mit einem Filter bearbeitet werden soll. Diese Maske, die die hartkantige Kernmaske zugrunde legt und nur Kante (Outline) des Vordergrunds wiedergibt, kann auch als sehr genaue Ausschlussmaske (Garbage-Matte) verwendet werden. [DUM10]



Abbildung 2.97 Beispiel Randmaske [DUM10]

Zur Maskenkombination bzw. der Verknüpfung der Kern- und Kantenmaske wird in der Regel der Maximum-Operator verwendet und so der jeweils höhere Pixelwert in das

Ergebnis (Finale Maske) übernommen. So erhält man eine Maske mit einem blickdichten Kernbereich und Details sowie Semi-Transparenzen im Kantenbereich.

Nach Erstellung der Maske muss diese oft weiter bearbeitet und dadurch verbessert werden. Dieses kann beispielsweise eine Tonwertkorrektur zur Anpassung der Helligkeit und des Kontrasts der Maske, eine Gammakorrektur zur Veränderung der Mitteltöne der Maske (aufhellen oder abdunkeln, ohne Auswirkungen auf das reine Schwarz und Weiß), die Anwendung eines Unschärfefilters, wenn die Maskenkanten zu hart sind und dies dann im Compositing nicht harmonisch wirkt oder die Anwendung eines Entkörnungsfilters (alternativ auch mit Unschärfefilter) zur Reduzierung des Korns, um durch Korn verursachte unruhige Kanten der Maske zu verringern, sein.

Auch mit der Anwendung des Luminanz-Keys auf die Maske können die Grauwerte und Größe der Maske sehr flexibel bearbeitet werden. [DUM10]

Neben dem Einsatz von Ausschlussmasken (Garbage-Matte) vor dem Keyen (zum Festlegen welche Bereiche der Screen-Aufnahme nicht gekeyed werden sollen), können Ausschlussmasken auch zur Optimierung einer Maske und auch dort zum Ausschluss von störenden Bildanteilen verwendet werden.

Die Ausschlussmaske kann somit dafür genutzt werden, um nicht ganz weiße Pixel aus dem Kernbereich der Maske ganz weiß zu machen oder nicht ganz schwarze Pixel aus dem Hintergrundbereich der Maske auszublenden. [DUM10]

Eine Ausschlussmaske kann entweder durch Rotoskopieren oder durch Keyen erstellt werden.

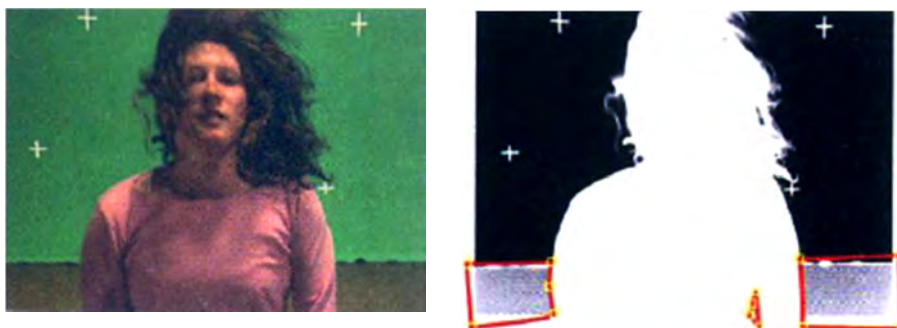


Abbildung 2.98 Beispiel Ausschlussmaske [DUM10]

2.3.18 Reale und virtuelle Kamera

Die Bilder, die von Filmkameras¹⁷¹ aufgezeichnet werden, sind eine zweidimensionale Darstellung der dreidimensionalen Welt. Die Perspektive ist mit der digitalen Aufnahme festgelegt und die Auflösung in Bilddetail und Farben ist begrenzt.

„Realaufnahmen, die von verschiedenen Drehzeiten und Drehorten entstammen, können mit computergenerierten Bildern, mit Fotos oder mit Matte Paintings fotorealistisch kombiniert werden, so dass der Eindruck entsteht, diese Bildquellen seien zu einem Zeitpunkt, an einem Ort und mit einer Kamera aufgenommen worden. Dies gilt insbesondere für fotorealistische Arbeiten, und auch wenn der Bildinhalt surreal oder fantastisch gehalten ist, sollte das Composite als harmonisches Ganzes glaubwürdig sein.“ [DUM 10]

Darum wird versucht, die Charakteristika einer realen Kamera (und somit einer Realaufnahme) digital mit Compositing-Werkzeugen nachzuahmen und so die virtuelle und die reale Kamera anzugleichen. Weiter müssen neue Elemente, die dem Compositing hinzugefügt werden sollen, an die bestehenden angepasst werden, da man bei der Realaufnahme eines Bildes/Videos eine bestimmte Brennweite verwendet und eine bestimmte Distanz und Winkel zum realen Objekt gewählt und somit dessen Größe im Bild festgelegt hat.

Hierbei spielen die unterschiedlichen Objektivtypen (Normalobjektiv/Standardbrennweite \approx Sehfeld des menschlichen Auges, Weitwinkel = viel größerer/weiterer Blickwinkel als Normalobjektiv, Teleobjektiv = sehr enger Blickwinkel und starke Vergrößerung, Zoomobjektiv = variable Veränderung der Brennweite) und generell die Eigenheiten eines Objektivs eine wichtige Rolle. Man wählt abhängig vom Motiv eine passende Brennweite¹⁷². Grundsätzlich sind Festbrennweiten (Objektiv hat nur eine Brennweite und kann nicht verändert werden) Zoomobjektiven vorzuziehen. Da in Festbrennweiten weniger Linsen verbaut sind, haben sie im Vergleich zu Zoomobjektiven meist eine bessere Abbildungsqualität/-eigenschaften (bessere optische Auflösung, weniger Abbildungsfehler, lichtstärker, schöneres Bokeh¹⁷³).

¹⁷¹ Hier wird nicht das 3D-Drehen (stereoskopische Aufnahmen) betrachtet.

¹⁷² „Als Brennweite bezeichnet man den Abstand zwischen der Filmebene und dem Mittelpunkt des Objektivs (sogenannter bildseitiger Brennpunkt).“ [DUM10]

¹⁷³ Das Bokeh ist der Bereich eines Fotos, der unscharf abgebildet ist. Das Aussehen des Bokeh (der Unschärfe) ist abhängig vom verwendeten Objektiv. Ein Bokeh kann ruhig oder unruhig wirken und weich oder eher "hart" sein. Weitere Faktoren, die das Bokeh bestimmen sind u.a. die Form der Zerstreuungskreise, die besonders bei Nachtaufnahmen mit Lichtern im Hintergrund ins Auge fallen. Sie entstehen, wenn im Hintergrund eine Lichtquelle ist, die dann unscharf abgebildet wird und somit eine Projektion der Form der Blende darstellt (d.h.: So wie die Blende im Objektiv aussieht, so werden auch die Kreise im Bokeh aussehen.).

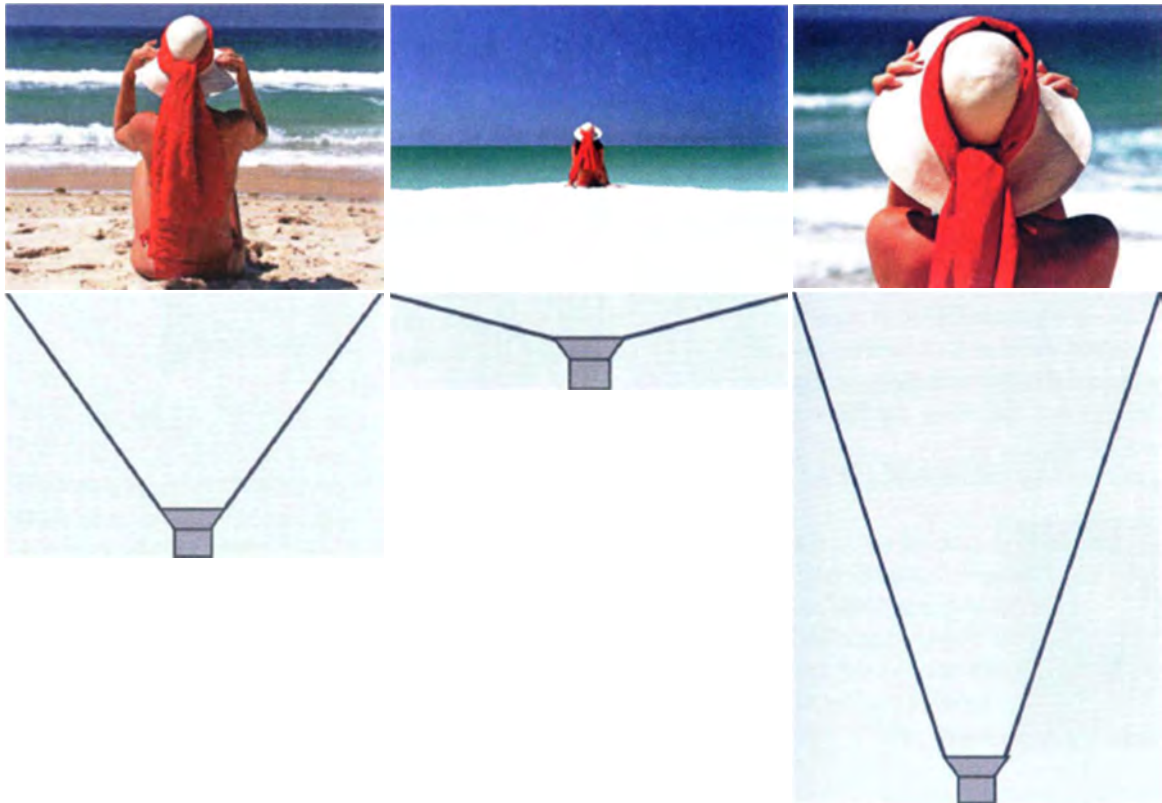


Abbildung 2.99 Objektivtypen: Normalobjektiv, (Ultra-)Weitwinkel, Teleobjektiv [DUM10]

Die Veränderung der Brennweite kann im Compositing digital simuliert werden. Das kann durch Skalierung aller Elemente/Ebenen im Composite, durch Verschiebung aller Elemente/Ebenen im Composite im 3D-Raum auf der Z-Achse oder durch einen Zoom mit der virtuellen Kamera (wenn vorhanden) realisiert werden. [DUM10]

Je nach Brennweite und Qualität des Objektivs kann es zu geometrischen Verzerrungen¹⁷⁴ im Bild kommen¹⁷⁵. Diese Verzerrungen lassen sich mit Hilfe von Warpern wieder entzerren.



Abbildung 2.100 Beispiel Bild mit Objektivverzerrung und korrigiertes Bild [DUM10]

Auch durch Lichtverirrungen¹⁷⁶ (bei weniger hochwertigen Objektiven) werden Verzerrungen verursacht.

Bei Aufnahmen mit Gebäuden kommt es aufgrund des Standortes zu einer oft nicht erwünschten Flucht nach hinten bzw. zu stürzenden Linien im Bild.

¹⁷⁴ Engl.: Lens Distortion

¹⁷⁵ Je weitwinkliger ein Objektiv ist, desto größer werden die Verzerrungen des Bildes. Am auffälligsten ist dies beim Fischaugen-Objektiv.

¹⁷⁶ Lichtaberrationen



Abbildung 2.101 Beispiel Bild mit stürzenden Linien und korrigiertes Bild [DUM10]

Wie erwähnt spielen Perspektive und Distanz der Kamera bei der Realaufnahme eine wichtige Rolle, damit die Kameraperspektive für neue und somit für alle Elemente im Compositing gleich ist. Hierfür sollten Vermessungsdaten vom Drehort erfasst werden. Dazu gehören: Distanz von Kamera (Sensorchip und nicht Objektiv) zum Objekt/Motiv, Abstand der Kamera zum Boden, Orientierung der Kamera (Rotationswinkel in Y-Achse, Neigungswinkel in X-Achse und Rollwinkel in Z-Achse) und weitere Daten wie verwendete Brennweite, Verschlusszeit und Blendeneinstellungen. [DUM10]

Ein Objektivwechsel bei unverändertem Standpunkt verändert nicht die Perspektive, sondern nur die Auflösung des abgebildeten Motivs im Bild (mal ist es groß, mal klein). Werden Elemente, aufgenommen aus unterschiedlichen Kameraperspektiven, im Compositing miteinander verknüpft, so wirkt das falsch und unglaubwürdig. Um dem entgegenzuwirken, muss die Perspektive angepasst werden, was bei Realaufnahmen nur durch „Schummeln“ erfolgen kann. CG-Elemente lassen sich leichter verändern. Die Perspektive der Einstellung kann anhand eines *Corner Pins* oder mit Warpern manipuliert werden (nur begrenzt möglich). [DUM10]



Abbildung 2.102 Original Bild und korrigiertes Bild mit Corner Pin [DUM10]

Verschiedene zweidimensionale Elemente zusammenzufügen und dabei den Eindruck von Tiefe entstehen zu lassen, ist nicht ganz einfach. Zunächst sollte der Bearbeiter die Tiefenanordnung der vorhandenen, real aufgenommenen Elemente analysieren. Ein Eindruck von Tiefe kann durch Überlappung/Überschneidung von Elementen (ein Element wird durch ein anderes verdeckt), durch ein relatives Größenverhältnis von Elementen und/oder durch die Auswirkungen atmosphärischer Effekte/ Luft-Phänomene (durch Partikel in der Luft sind weit entfernte Elemente wie im Dunst, Schwarz wird schwächer und Elemente werden weicher und oft nehmen weit entfernte Objekte die Farbe ihrer Umgebung an) vermittelt werden. Dies kann in Compositing-Applikationen u.a. mit Filtern, Anpassen der Sättigung, Nutzen von Partikelgeneratoren/-Simulatoren (z.B. für Dunst, Rauch, Nebel) repliziert werden.

Auch die Tiefenschärfe (der räumliche Bereich, in dem abgebildete Objekte vom menschlichen Auge scharf wahrgenommen werden) ist ein Anhaltspunkt für die Position von Elementen innerhalb einer Aufnahme bzw. eines Compositings und muss somit für die Elemente im Compositing angepasst werden. Bei der realen Aufnahme ist die

Tiefenschärfe von der Blendeneinstellung (je offener die Blende, desto geringer die Tiefenschärfe), der Brennweite des Objektivs (je länger das Objektiv, desto geringer die Tiefenschärfe; Tiefenschärfe verläuft proportional zur Brennweite), der Distanz zum fokussierten Punkt (je näher das fokussierte Objekt vor der Kamera, desto geringer die Tiefenschärfe) und der Verschlusszeit (bei Laufbildaufnahmen im Normalfall 24 oder 25 Bilder pro Sekunde) abhängig.

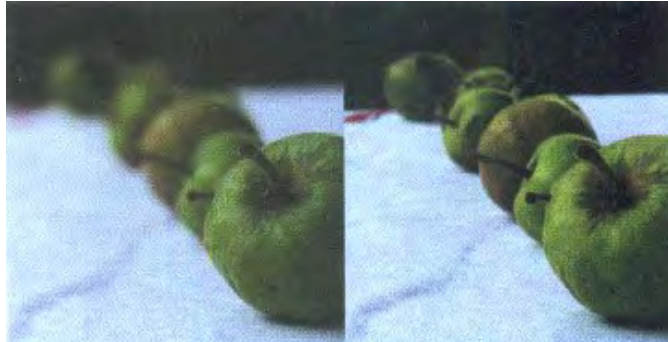


Abbildung 2.103 Vergleich zweier Blenden und die Auswirkung auf die Tiefenschärfe; links: Blende 5,6 (recht offene Blende) und rechts: Blende 22 (sehr geschlossene Blende) [DUM10]

Der Begriff „Hypofokale Distanz“ wird im Bereich Film und Fotografie oft verwendet und bezeichnet die Distanz bzw. Gegenstandsweite, bei der alle Objekte bis ins Unendliche gerade noch scharf abgebildet werden, wenn auf unendlich fokussiert wurde. Wenn auf die hypofokale Distanz fokussiert wurde, reicht die Tiefenschärfe von der halben hypofokalen Distanz bis unendlich, wodurch eine größtmögliche Tiefenschärfe des jeweiligen Objektivs erreicht wird. [DUM10]

Unschärfe (Defocus), Fokuswechsel, Einstrahlungen¹⁷⁷ und Blendenreflexe (Spiegelungen der Blende im Bild, entstanden durch direkten Lichteinfall in das Objektiv und dortiger Reflexion innerhalb der einzelnen optischen Bestandteile), Schleier (hervorgerufen durch nichtparallele Lichtstrahlen, die in das Objektiv fallen und dort hin und her geworfen werden) und andere Effekte (wie die von Kamera-Korrektur-/Effektfiltern) sowie Bewegungsunschärfe können digital erstellt werden. Auch kann das Hinzufügen von Kamerawacklern¹⁷⁸ (um z.B. eine Action-Szene zu intensivieren oder Explosionen glaubwürdig darzustellen), das Simulieren von Alterung des Materials (Hinzufügen von Vignettierung, Korn¹⁷⁹ und Defekten wie Kratzer, Staub etc.) durch Compositing-Applikationen realisiert werden.

Kornfilter und –generatoren spielen somit eine wichtige Rolle, um Videomaterial und fotografierte Anteile zu entauschen (z.B. wichtig bei Maskenextraktion), aber auch um Elemente (z.B. CG-Objekte) an eine bestehende Aufnahme mit Korn anzupassen sowie als stilistisches Mittel (z.B. zur Darstellung eines Rückblick, was alt aussehen soll, versehen mit Korn, Kratzern, Vignette usw.). Eine Beurteilung der vorgenommenen Maßnahme (Kornfilter oder Korngenerator) sollte in der Bewegung erfolgen.

¹⁷⁷ Engl.: Lens Flares

¹⁷⁸ Engl.: Camera Shake

¹⁷⁹ Am Computer generierte Elemente weisen kein Korn auf und bei Kombination mit Realaufnahmen (mit Korn), sollte den CG-Elementen Korn hinzugefügt werden, um sie an die Realaufnahme anzupassen.

Die Aufnahme-/Abspielgeschwindigkeit einer realen Kamera kann ebenfalls simuliert werden. Grundsätzlich gibt es hierfür zwei Manipulationstypen der Abspielgeschwindigkeit von Clips, zum einen die konstante und zum anderen die variable Veränderung. Bei der konstanten Modifikation wird die Geschwindigkeit des Ausgangsmaterials gleichbleibend auf einen neuen Wert verändert (z.B. 50% = verlangsamt oder 120% = beschleunigt). Die Dauer des Clips bzw. die Anzahl der Bilder wird dadurch verändert. Bei der variablen Modifikation verändert sich die Geschwindigkeit im Verlauf des Clips (z.B. am Anfang sehr langsam und dann später immer schneller). Die Dauer des geänderten Clips kann mit der des Ausgangsclips übereinstimmen. [DUM10]

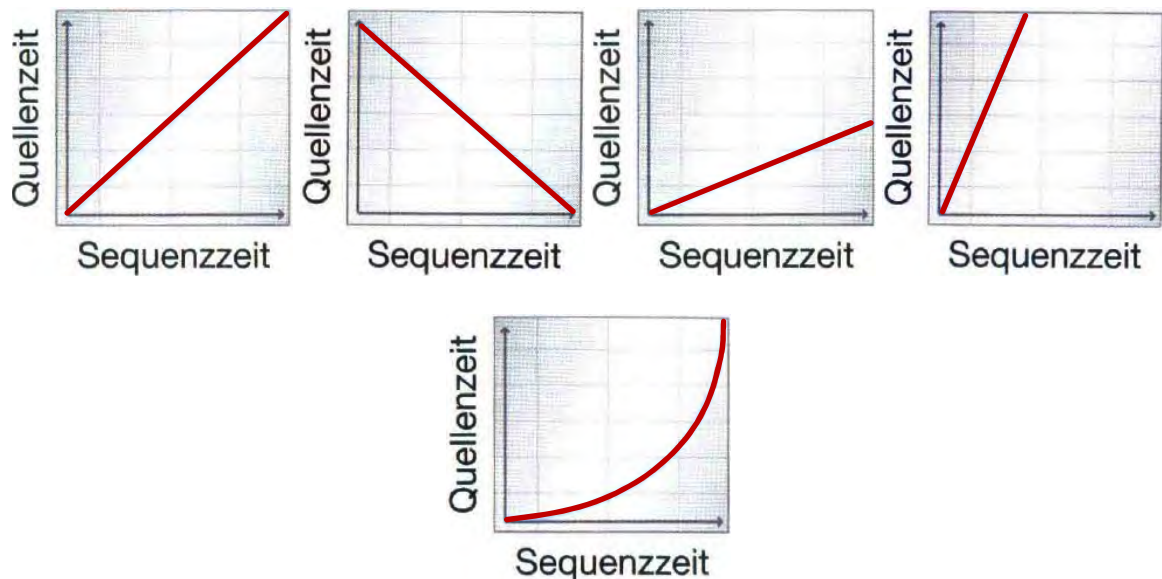


Abbildung 2.104 Beispiele für Geschwindigkeitsmanipulationen; von links nach rechts: Ausgangsgeschwindigkeit, Geschwindigkeitsverlauf rückwärts, konstante Verlangsamung (Zeitlupe), Beschleunigung (Zeitraffer) und variable Geschwindigkeitsänderung [DUM10]

Bei Geschwindigkeitsmanipulationen kann es schnell zu störenden Artefakten kommen (Nachzieheffekt bei Bewegungen, ruckartige Bewegungen, Auftreten von gedoppelten Bildanteilen im interpolierten Bild) und auch diese Änderungen sollten in der Bewegung beurteilt werden.

2.3.19 Tracking

Das Tracking dient in der digitalen Postproduktion der Synchronisierung der Bewegung verschiedener Bildelemente eines Composites. Durch Tracking können Bewegungen eines Bildinhalts präzise erfasst und verfolgt werden und auch die dadurch ermittelten Bewegungsdaten können auf ein anderes Element angewendet werden. Tracking wird grundsätzlich dann verwendet, wenn ein Objekt in eine Szene eingefügt wird und sich dieses mit einem anderen Objekt (zusammen) mitbewegen soll. Auch kann eine Kamerabewegung erfasst und auf ein Element angewendet werden. Es kann auch ein Element entfernt werden, indem ein Stück Hintergrund über dieses getrackt wird. Die kreativen Möglichkeiten des Tracking sind sehr vielfältig.

Das Grundprinzip des Trackings:

Ein bestimmter Bildbereich wird ausgewählt und über die Dauer der Einstellung bzw. Bildsequenz durch den Computer (den Tracker) verfolgt und hierbei die relative Verschiebung des Bildbereichs von Bild zu Bild erfasst. Die so ermittelten Verschiebungsdaten¹⁸⁰ werden anschließend als Bewegungsdaten auf ein anderes Element angewendet.

Soll getrackt werden, so wird ein Tracking-Modul verwendet, welches (immer) mit Trackerboxen arbeitet, die in zwei Bereiche bzw. Felder aufgeteilt sind. Das eine Feld ist die Tracker- bzw. Suchbox¹⁸¹, das andere (kleinere Feld) die Vergleichsbox¹⁸². [DUM10]

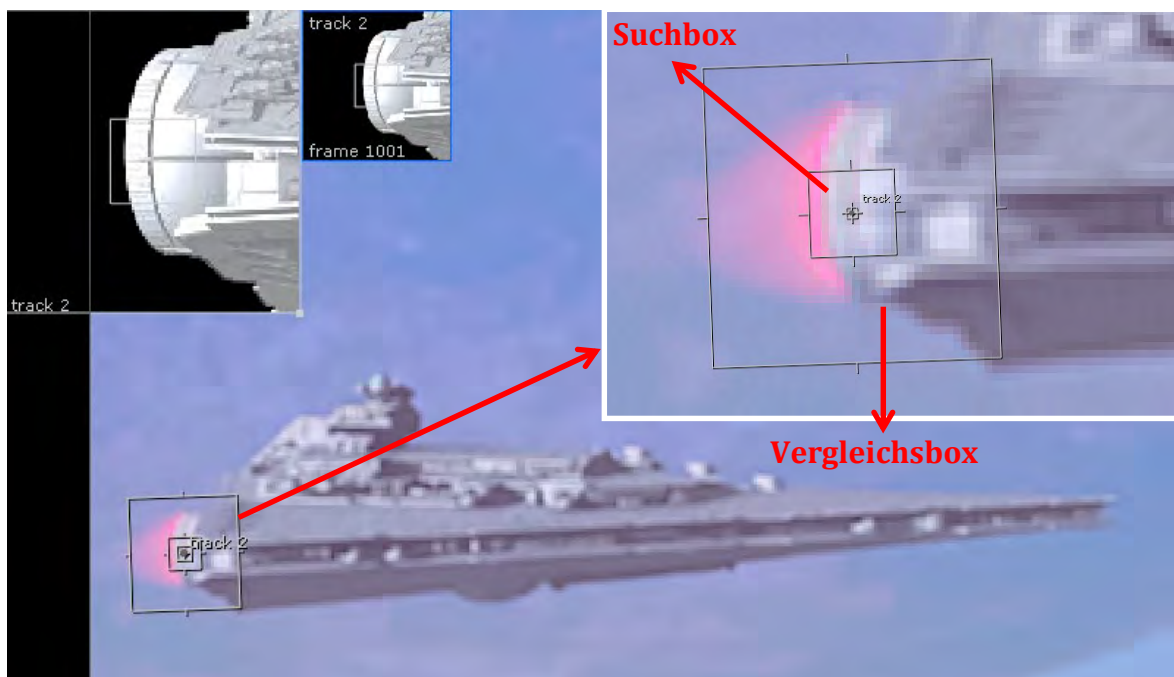


Abbildung 2.105 Beispiel Such- und Vergleichsbox des zu trackenden Elements

¹⁸⁰ Engl.: Shift Data

¹⁸¹ Engl.: Search Box

¹⁸² Engl.: Match Box

Vorgehensweise:

Zuerst wird der Bildinhalt anhand seiner Bildabläufe und Bewegungen analysiert, das Start-Bild (manchmal auch Referenzbild genannt), mit dem der Tracking-Vorgang beginnen soll, bestimmt und ein passendes Referenzelement (Suchmuster) ausgewählt. Das Start-Bild sollte das Bild sein, in dem das Suchmuster in Bezug auf Form, Größe, Drehung oder sonstige Bewegung am charakteristischsten ist. Das muss nicht immer das erste Bild des Clips sein (manchmal ist es auch nicht erforderlich, die volle Länge der Einstellung zu tracken, da das zu trackende Element nur kurz erscheint), mit dem der Tracking-Vorgang gestartet wird. Auch kann dieser Vorgang vorwärts wie rückwärts erfolgen, je nachdem, ob das zu trackende Element die Szene betritt oder verlässt. Die Auswahl des Suchmusters ist für ein gutes Tracking essentiell wichtig und ist grundsätzlich ein bestimmtes Gefüge bzw. Muster von Pixeln, das über die Dauer des Clips verfolgt werden soll. Oft richten sich die Tracker nach dem Kantenkontrast, daher sollte ein Suchmuster mit kontrastreichen Rändern bevorzugt werden. Einige Tracker können auch auf Sättigung und RGB-Chrominanz-Information oder Farbton ausweichen. Neben den Helligkeitswerten (Kontrast) werden bei hochwertigen Trackern auch Formdaten verwendet¹⁸³. Das ideale Suchmuster sollte neben den kontrastreichen Rändern und einer konstanten Helligkeit und Form des Elements auch gute vertikale und horizontale Informationen bieten, damit der Tracker beim Verfolgen des Elements nicht „abrutscht“. Deswegen werden oft, wenn keine guten trackbaren Bildelemente vorhanden sind, Markierungen, sogenannte 2D-Tracker-Marker (Kreuze [in Kreisen], Dreiecken [in Kreisen]) verwendet, die diese erforderlichen Informationen beinhalten¹⁸⁴.

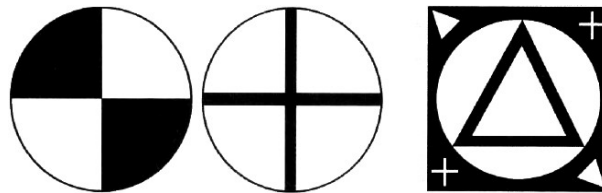


Abbildung 2.106 Beispiele für unterschiedliche 2D-Tracker-Marker [DUM10]

Weiter sollte das Suchmuster in jedem Bild der Sequenz (unverdeckt) vorhanden sein und nicht mit einem Element in seiner Nachbarschaft verwechselt werden können (ggf. auf ein anderes Suchmuster zurückgreifen). Es sollte sich so bewegen, wie es für das hineinzutrackende Element erwünscht ist.

Nachdem der Bildbereich, der über die Dauer des Clips verfolgt werden soll, festgelegt und das Suchmuster (Referenzelement) ausgewählt wurde, wird die Trackerbox beim Startbild über dieses Element positioniert. Das Vergleichsfeld (Vergleichsbox) sollte so groß sein, dass das Suchmuster mit seiner horizontalen und vertikalen Information gut erfasst ist (aber nicht zu groß, da sonst der Computer sehr rechenintensiv einen großen Pixelbereich vergleichen muss). Anschließend muss die Größe der Suchbox definiert werden, in der der Rechner Bild für Bild nach dem Suchmuster suchen und so das Suchmuster verfolgen soll (somit ist die Suchbox immer größer als das Vergleichsfeld). Es sollte so groß sein, dass das Suchmuster auch bei seiner schnellsten Bewegung zwischen

¹⁸³ Tracker-Module legen in der Regel die Luminanz zugrunde und darum kann man das Tracking auch an einer Graustufenversion der Einstellung oder an einem der einzelnen RGB-Kanäle des Bildes (wenn das das Tracker-Modul anbietet) durchführen.

¹⁸⁴ Bei der Nutzung von schwarzem Klebeband ist Vorsicht geboten (auch wenn die Nutzung recht gebräuchlich ist), da dieses neben der Möglichkeit den Screen beschädigen zu können auch nicht immer den notwendigen hohen Kantenkontrast im Vergleich zum Screen aufweist.

zwei Bildern nicht aus dem Suchfeld gerät (schnelle Bewegung = größeres Suchfeld), aber auch nicht unnötig groß ist.

Durch den Tracking-Vorgang werden die Verschiebungsdaten Bild für Bild errechnet und dann (bei manchen Programmen gleich) die Transformations- (Position, Rotation, Skalierung) bzw. Bewegungsdaten (ggf. auch mit einem Versatz) auf ein anderes Element im Composite übertragen.



Abbildung 2.107 Beispiel Referenzelement und getracktes Element mit Versatz [DUM10]

Diese Bewegungsdaten müssen dann fast immer weiter bearbeitet werden (mit Hilfe mathematischer Operatoren), um wie bei Animationskurven z.B. kleine Ausreißer bzw. Zittern (z.B. hervorgerufen durch Korn) im Verlauf der Bewegungskurve zu beseitigen bzw. zu glätten (z.B. Funktion „Vereinfachen“). [DUM10]

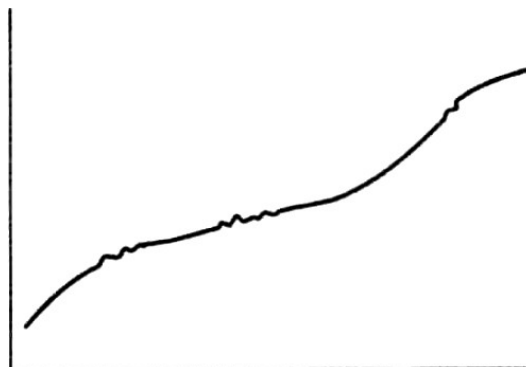


Abbildung 2.108 Beispiel Bewegungskurve mit „kleinen Ausreißern“ [DUM10]

Grundsätzliche Steuerungsmöglichkeiten:

Tracker sollte über einige grundsätzliche Steuerungsmöglichkeiten verfügen.

- Die Toleranz sollte steuerbar sein, wodurch geregelt werden kann, wie viel Übereinstimmung zwischen Suchmuster und Vergleichsfeld erforderlich ist, damit das Programm das Suchmuster erkennt und so ein „Match“ vornimmt (zu einer Übereinstimmung kommt).
- Die Trackerbox sollte deaktiviert werden können, wenn zwischenzeitlich kein Match erwünscht ist. Dies wäre der Fall, wenn das Suchmuster z.B. für eine bestimmte Dauer durch ein anderes Objekt verdeckt wird.
- Ein Update des Suchmusters sollte möglich sein, falls die beste Übereinstimmung des Vergleichsfeldes mit dem Suchmuster unter einen bestimmten Grenzwert fällt und der Tracker aufgrund entsprechender Abweichungen (Korn, Lichtveränderungen oder andere kleine Abweichungen) kein Match herstellen kann. Ist diese Update-Funktion aktiv, findet sozusagen für jedes Bild ein Update des Suchmusters auf den Inhalt statt, der im Suchfeld als beste Übereinstimmung gefunden wurde. Jedoch

hat das sich für jedes Bild wiederholende Update auch Nachteile, wie bei niedrig eingestellter Toleranz und bei sprunghafter Veränderung des Suchmusters kann es schnell zu einem Abbruch des Tracking-Vorgangs kommen. Auch ist es sehr rechenintensiv und nicht genau (kleine Fehlinterpretationen beim Erfassen des Suchmusters summieren sich von Bild zu Bild). Aber es gibt auch Tracker, die das Suchmuster erst dann erneuern, wenn die beste Übereinstimmung des Vergleichsfeldes mit dem Suchmuster unter einen bestimmten Grenzwert fällt.

- Das Suchmuster sollte während des Tracking-Vorgangs gewechselt werden können, wenn kein geeignetes Suchmuster für die gesamte Dauer der Einstellung zu finden ist. [DUM10]

Probleme des 2D-Trackings und mögliche Lösungen

Manchmal werden beim Tracking keine guten Ergebnisse erzielt, wodurch Zittern entsteht, das getrackte Objekt „schwimmt“ oder die Trackerbox (wiederholt) den Anschluss an das Suchmuster verliert. Die Ursachen sind unterschiedlich. Generell sollte bei solchen schlechten Ergebnissen eine Vorbehandlung stattfinden.

• Rauschen und Korn

Starkes Korn kann dazu führen, dass Abweichungen in den Tracking-Daten erzeugt werden¹⁸⁵. Abhilfe schaffen hier Entkörnungs- oder Median-Filter, die das Korn verringern (alternativ, wenn diese Filter nicht vorhanden sind, kann auch eine leichte Unschärfe angewendet werden). Es könnte auch auf einen der einzelnen RGB-Kanäle getrackt werden oder nur zum Tracken eine weniger kornreiche Version erstellt werden. [DUM10]

• Objektivverzerrungen

Optische Verzerrungen, hervorgerufen durch das genutzte Objektiv, können zum „Schwimmen“ des getrackten Objekts führen (tanzt um vorgesehenen Platz herum). Vorhandene Verzerrungen können mit einem Warper entzerrt werden. [DUM10]

• Schlechtes Suchmuster

Wenn die Trackerbox das zu trackende Suchmuster gleich zu Beginn verliert, sollte ggf. ein anderes Suchmuster ausgewählt werden. Es kann auch versucht werden, die Einstellung vor dem Tracken mit einem Filter vorzubereiten. [DUM10]

• Suchmuster verdeckt oder außerhalb des Bildes

Bewegt sich das Suchmuster für einige Bilder aus dem Bild heraus, sollte für diese Zeit der Tracker deaktiviert, ein anderes Suchmuster gewählt oder manuell getrackt werden (Keyframes setzen). Gleiches gilt für den Fall, dass das Suchmuster für eine bestimmte Dauer durch ein anderes Objekt verdeckt wird. Hier könnte außerdem für die betroffenen Bilder die Toleranz auf null gesetzt werden. Wenn das Suchmuster zu Beginn der Einstellung nicht im Bild ist, kann der Tracking-Vorgang rückwärts durchgeführt werden. [DUM10]

¹⁸⁵ Eine Erhöhung der Schärfe würde das Problem weiter verschärfen.

- **Falsches/nicht erfolgreiches Tracking**

Wenn durch den Tracker teilweise falsche Daten ermittelt werden, können einzelne Keyframes gelöscht und interpoliert oder ggf. manuell gesetzt werden. Wenn sich Teile der Einstellung nicht erfolgreich tracken lassen, kann Bild für Bild manuell getrackt oder entsprechende Keyframes gelöscht und durch animierte Keyframes ersetzt werden. [DUM10]

Mehrpunkt-Tracking

Zuvor wurde auf Tracken in Bezug auf die Ermittlung von Positionsdaten betrachtet (**1-Punkt-Tracking**, eine Trackerbox wird benötigt). Neben diesen Daten werden oft noch weitere Daten benötigt wie Rotations- und/oder Skalierungsdaten.

Beim **2-Punkt-Tracking** werden (mindestens¹⁸⁶) zwei Trackerboxen eingesetzt. Dadurch lassen sich neben den Positionsdaten eines Elements auch Rotations- und/oder Skalierungsdaten ermitteln. Dafür wird die Position der beiden Trackerboxen zueinander ausgewertet.

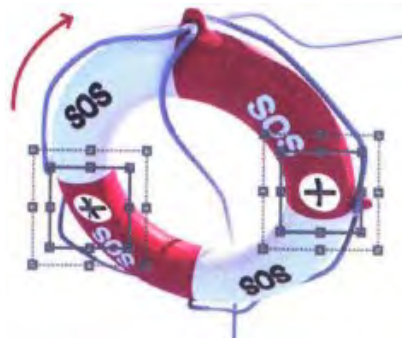


Abbildung 2.109 Beispiel 2-Punkt-Tracking [DUM10]

Das **4-Punkt-Tracking** kann vier Suchmuster erfassen und verfolgen und die ermittelten Positionsdaten werden dazu genutzt, um die Eckpunkte einer Bildebene an diesen vier Punkten (z.B. Bilderrahmen) festzulegen, die über die Dauer der Einstellung verfolgt wird. Das 4-Punkt-Tracking wird beispielsweise eingesetzt, um Bildelemente in Fernseher/Monitore, Rahmen usw. zu platzieren (perspektivische Anpassung der Bildebene an die Bewegung des Trägerelements im Bild). [DUM10]

¹⁸⁶ Besser ist es, wenn mehr als zwei Trackerboxen verwendet werden, um mit mehreren Datensträngen eine Durchschnittsberechnung durchführen kann und somit bessere Werte erhält.



Abbildung 2.110 Beispiel 4-Punkt-Tracking [DUM10]

3D-Tracking (Matchmoving)

Für den VFX-Bereich ist 3D-Tracking sehr bedeutend, denn dadurch ist es möglich, die Kamerabewegung einer Realaufnahme zu ermitteln und diese auf die virtuelle Kamera eines 3D-Programms zu übertragen und so 3D-Objekte mit einer richtigen Kameraperspektive und –bewegung zu rendern/auszugeben, wodurch sich diese dann nahtlos im Compositing in die Realaufnahme integrieren lassen.

Nachfolgend genannte Voraussetzungen begünstigen ein erfolgreiches 3D-Tracking:

Da die Perspektive der virtuellen Kamera an die der realen angepasst werden soll, müssen einige Angaben vom Dreh zur Verfügung stehen. Dazu gehören die verwendete Brennweite, die Kamerahöhe und der Neigungswinkel sowie der Abstand zu den einzelnen Bestandteilen des Sets. Zur Nachbildung der Bewegungen am realen Set im 3D-Raum sollte eine Skizze des Sets mit Angaben zu den Positionen der Figuren und Setanteile und deren Relation zueinander erstellt werden. Auch sollten Fotos vom Set vorliegen, die auch das räumliche Verhältnis wiedergeben und so als Referenz dienen. Auch hier werden kontrastreiche Bildanteile oder Tracker-Marker zum Tracken verwendet. [DUM10]

Im Gegensatz zum 2D-Tracking werden für ein 3D-Tracking viel mehr (z.B. bis zu 100 Punkte) Tracker-Marker (hier oft Tennisbälle, Kreuze aus farbigem Klebeband oder nachts LED-Marker) verwendet, die in regelmäßigen Abständen am Set (Höhe, Breite und Tiefe) verteilt werden. Dort wo CG-Objekte eingefügt werden sollen, müssen auf jeden Fall Tracker-Marker positioniert werden.

2D- oder 3D-Tracking

Wenn möglich, ist 2D-Tracking dem 3D-Tracking aufgrund des deutlich geringeren Zeitaufwands vorzuziehen. Kleine Schwenks und Abweichungen sowie Seitwärtsfahrten können auch im 2D-Tracking gelöst werden. Komplexere und perspektivische Kamerabewegungen (z.B. Fahrten in die Tiefe) werden hingegen mit 3D-Tracking realisiert, ebenso 3D-Objekte, die mit Figuren der Realaufnahme interagieren sollen. [DUM10]

Stabilisieren durch Tracking

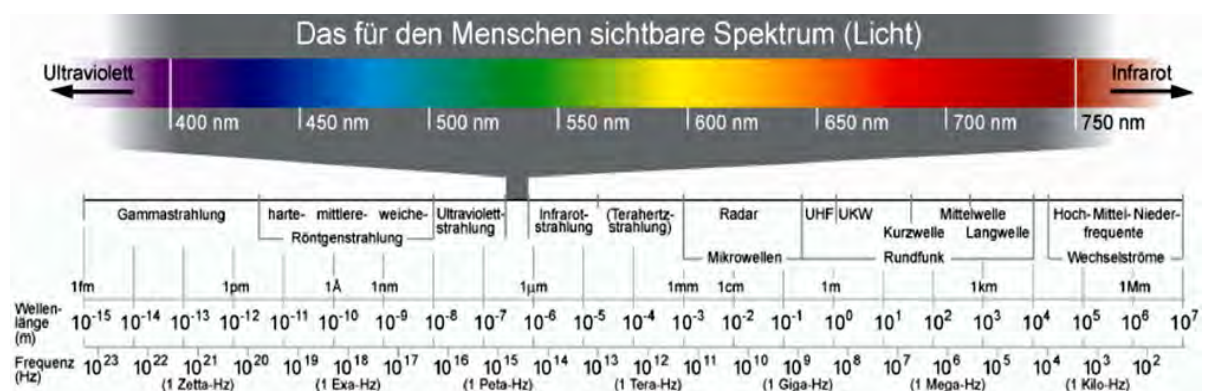
Oft möchte man störende Kamerabewegungen in einer Einstellung (z.B. hervorgerufen durch Anstoßen an das Stativ, den Wind, das Schwanken eines Bootes oder beim Filmen aus der Hand) entfernen. Auch hier wird ein Suchmuster (ohne Eigenbewegung) verfolgt und so die Kamerabewegung ermittelt. Die so ermittelten Daten werden nun (nicht auf ein anderes Element übertragen, sondern) invertiert und auf das gleiche Bildelement

angewendet, um die unerwünschte (Kamera-)Bewegung zu entfernen. Dadurch, dass jedes Bild nun in die entgegengesetzte Richtung der unerwünschten Bewegung verschoben wird, ist dieses mit einem Verlust an örtlicher Auflösung verbunden, welche von der Stärke der zu entfernenden Bewegung abhängt. Auch kann es sein, dass durch die (Kamera-) Bewegung eine Bewegungsunschärfe entstanden ist, welche bei kompletter Stabilisierung bestehen bleibt und auffällig ist. Darum wird die (Kamera-)Bewegung meist nicht komplett stabilisiert/entfernt, sondern nur optimiert (z.B. nur die Kamerabewegung einer Richtung [X oder Y] entfernen), damit evtl. Bewegungsunschärfen nicht so problematisch sind und ein Verlust der örtlichen Auflösung geringer ist.

2.3.20 Licht und Beleuchtung

Licht

Licht ist ein wichtiges Gestaltungsmittel, sei es bei der Realaufnahme oder in der Postproduktion. Nur ein Teil des elektromagnetischen Spektrums des Lichts ist für den Menschen sichtbar und abhängig von der Wellenlänge und Frequenz hat das Licht eine bestimmte Farbe. Das sichtbare Licht beginnt mit violetterem Licht (ca. 380nm) und endet mit rotem Licht (ca. 700nm).



Licht und seine Erscheinungsformen

Ein Farbeindruck entsteht durch den Sehapparat und eine Lichtquelle. Farbe und Licht können somit in unterschiedliche Erscheinungsformen unterteilt werden:

- **Lichtfarbe und Selbstleuchter**

Bei diesem Farbeindruck strömt eine Lichtquelle Licht aus und trifft ohne Einbeziehung eines Objekts direkt ins Auge. Lichtfarben sind leuchtende Flächen wie Lichtquellen, Lampen und Bildschirme.

- **Körper-/Objektfarben**

Diese Erscheinungsform des Lichts ist die am häufigsten wahrgenommene und entsteht an betrachteten beleuchteten Oberflächen, wenn diese Licht reflektieren, das dann ins Auge trifft. Das Licht kann von diesen Objekten bzw. durch deren Beschaffenheit modifiziert werden (wie viel auffallendes Licht absorbiert und wie viel abgestrahlt wird), was zum einen von der Lichtquelle, der das Objekt ausgesetzt ist und zum anderen von der Oberflächeneigenschaft des Objekts abhängt. Eine glänzende Oberfläche wirft den Lichtstrahl wie ein Spiegel im selben Winkel zurück. Eine matte Oberfläche kann das Licht streuen und auch absorbieren. Generell hängt

das resultierende Erscheinungsbild des Lichts stark von der verwendeten Oberfläche ab und führt zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. [DUM10]



Abbildung 2.112 Reflexion und Absorption von Licht bei glänzender (links) und matter Oberfläche (rechts) [DUM10]

Schwarze, weiße und graue und matte Objekte reflektieren alle Wellenlängen des Lichts gleichermaßen, jedoch unterschiedlich stark. Schwarze Objekte reflektieren Licht nur sehr schwach und absorbieren so nahezu jegliches Licht, wohingegen weiße Objekte jegliches Licht sehr stark reflektieren. Grau wird im Bereich Film oft als Lichtreferenz verwendet (Grauball oder Graukarte). [DUM10]

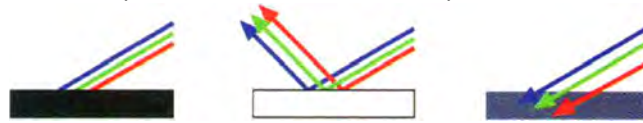


Abbildung 2.113 Schwarze, weiße und graue Oberfläche [DUM10]

o Räumliche und transparente Farben

Hiermit ist die Farbwirkung transparenter (bunter) Objekte gemeint, wie z.B. eine blaue Flüssigkeit in einer Flasche, wo die bläuliche Farbe nicht mit der Oberfläche verknüpft, sondern räumlich verteilt ist. [DUM10]

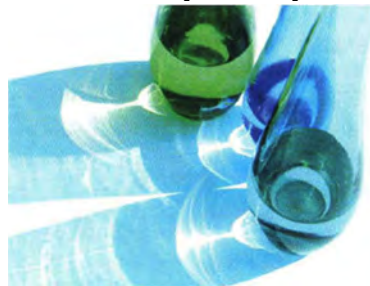


Abbildung 2.114 Beispiel räumliche und transparente Farben [DUM10]

o Physiologische Farben

Physiologische Farben (oder auch subjektive Farben genannt) sind Farben, die im Auge selbst entstehen, wie z.B. ein farbiges Nachbild im Auge nach Einfall von hellem Licht.

Farbtemperatur

Im Filmbereich (für Außen- und auch für Innenaufnahmen mit Beleuchtung) ist auch die Farbtemperatur ein wichtiger und zu beachtender Faktor, denn ein bestimmter Farbeindruck kann anhand der Farbtemperatur festgelegt bzw. bestimmt werden und auch Aufnahmen aus verschiedenen Drehs müssen dann im Compositing entsprechend aneinander angepasst werden. Somit ist es für den Bearbeiter hilfreich zu wissen, dass aufgrund bestimmter Farbtemperaturen bestimmte Lichtverhältnisse beschrieben werden und dieses auch als gestalterisches Mittel genutzt werden können. Meist liegen die verwendeten Farbtemperaturen (im Filmbereich für Innen- und Außenaufnahmen insgesamt) zwischen 1.000 K(elvin) und 12.000 K, wobei auch höhere Farbtemperaturen denkbar sind.

Bei niedrigen Farbtemperaturen erhält man einen rötlichen Farbeindruck und bei höheren einen bläulichen, weißes Tageslicht liegt dazwischen im Bereich von 5.000 K und 6.000 K. Bei Innendrehen hat man Farbtemperaturen von ca. 2.500 K bei normalen Glühbirnen und ca. 4.000 K bei Leuchtstoffröhren. Bei Außenaufnahmen variieren die Farbtemperaturen im Tagesverlauf stark, ca. 3.500 K bei Sonnenauf-/untergang bis 10.000 K und mehr (10.000 K bis 18.000 K bei aus dem Schatten aufgenommenem blauem Himmel).

Digitale Film- und Fotokameras können sich nicht wie das menschliche Auge an die jeweilige spektrale Zusammensetzung des Lichts anpassen. Hier muss ein Weißabgleich vorgenommen werden, um unerwünschte Farbstiche bei der Aufnahme zu vermeiden (kann ggf. auch in der Postproduktion nachträglich erfolgen). Kameras bieten hierfür vorgefertigte Einstellungen für entsprechende Farbtemperaturen und auch manuelle Einstellmöglichkeiten.

Grundsätzlich zeigen Objekte, die in Tageslicht aufgenommen wurden, zwei farbliche Tönungen. Entweder wird das Objekt vom Sonnenlicht gelblich verfärbt oder der Himmel (als riesige Lichtquelle) wirft bläuliches Licht auf das Objekt. Oft ist die Lichtsituation jedoch komplexer, was sich darin äußert, dass verschiedene Lichtquellen mit unterschiedlichen Farbtemperaturen (Tages- und Kunstlicht) sich vermischen/überlagern, welches als Mischlicht bezeichnet wird (z.B. eine Skyline in der Abenddämmerung, wo schon Laternen leuchten). Dadurch können (einfarbige) Objekte und auch Schatten mehrere Farben annehmen bzw. enthalten und so die Farbe eines Gegenstands verfremdet. Das Beseitigen eines Farbstichs wird mit Werkzeugen zur Farbunterdrückung vorgenommen. Auch kann Mischlicht sehr kreativ eingesetzt werden.



Abbildung 2.115 Farbtemperaturen [DUM10]

Beleuchtung

Die Beleuchtung ist ein wichtiger Themenkomplex, da im Compositing verschiedene Elemente verknüpft werden und so anzupassen sind, so dass diese aussehen, als wären sie alle in denselben Lichtverhältnissen zur selben Zeit mit einer Kamera aufgenommen worden. Um sich dieser Aufgabe widmen zu können, ist ein grundlegendes Verständnis für Beleuchtung vorauszusetzen. In einfachen Fällen wird die Lichtsituation durch eine Lichtquelle bestimmt, in anderen, komplexeren, werden mehrere Lichtquellen verwendet, um ein Element zu beleuchten. Bei einer Beleuchtung mit mehreren Lichtquellen, haben diese oft unterschiedliche Funktionen, welche nachfolgend beschrieben werden und als Orientierung dienen sollen.

Funktionen des Lichts

Das **Hauptlicht**¹⁸⁷ (auch Führungslicht genannt) ist die lichtstärkste Lichtquelle der Einstellung, prägt somit die Belichtungssituation und dient der dramaturgischen Gestaltung der Einstellung.



Abbildung 2.116 Beispiel Hauptlicht [DUM10]

Das **Fülllicht**¹⁸⁸ (auch Aufhellung genannt) ist für die Aufhellung der Schatten, die durch das Hauptlicht verursacht werden, zuständig.



Abbildung 2.117 Beispiel Fülllicht [DUM10]

¹⁸⁷ Engl.: Key Light

¹⁸⁸ Engl. Fill Light

Das **Kantenlicht**¹⁸⁹ wird verwendet, um den Vordergrund visuell vom Hintergrund zu trennen und um den Eindruck von Tiefe zu erzeugen.¹⁹⁰ Es kann gut digital simuliert.



Abbildung 2.118 Beispiel Fülllicht [DUM10]

Das **Grundlicht** (auch Raum-, Neben-, Umgebungs- oder Hintergrundlicht genannt¹⁹¹) dient der Ausleuchtung des Sets bzw. des örtlichen Umfelds der Szene, was insbesondere die interaktive Beleuchtung der vorhandenen Elemente untereinander beinhaltet. Das Grundlicht wird im Compositing für die einzelnen Ebenen mit einer Farbkorrektur angepasst. [DUM10]



Abbildung 2.119 Beispiel Grundlicht [DUM10]

Das **Augenlicht** dient der Erzeugung von Lichtreflexen in den Augen, um dadurch die Augen „belebter“ wirken zu lassen. Dafür wird eine Lampe auf der Kamera befestigt. [DUM10]



Abbildung 2.120 Beispiel Augenlicht; links: ohne Augenlicht, rechts: mit Augenlicht[DUM10]

Das **Kostümlicht** ist auf dieses gerichtet, wodurch dieses betont werden soll.

¹⁸⁹ Engl.: Edge Light

¹⁹⁰ Bei Nahaufnahmen kommt das Kantenlicht oft von hinten.

¹⁹¹ Engl.: Ambient Light

Das **Effektlicht** wird für verschiedenste Beleuchtungen eingesetzt, beispielsweise zur Simulation eines laufenden Fernseher oder eines brennenden Kamins. Auch können dadurch bestimmte Anteile im Hintergrund betont werden. Durch eine partielle Farbkorrektur kann man das Effekt- aber auch Kostümlicht teilweise digital nachahmen. [DUM10]

Gemeinsame Beleuchtungssituation der Elemente

Um Elemente glaubwürdig im Compositing zu integrieren, muss die Beleuchtungssituation für alle Elemente gleich sein.

D.h., die Richtung, aus der das Licht der Lichtquelle kommt und Distanz zur Lichtquelle¹⁹² und somit die Helligkeit der Elemente, sollte gleich sein¹⁹³. Das ist wichtig, damit auch der erzeugte Schatten in das Compositing passt.

Auch die Kanten, Dichte und Farbe des Schattens sollte zueinander passen, so natürlich auch die künstlich (digital) erstellten Schatten.

Die Lichtqualität der Lichtquelle sollte für alle Elemente gleich sein. Damit ist gemeint, ob die Lichtquelle hartes¹⁹⁴ oder weiches¹⁹⁵ (gestreutes, diffuses) Licht abgibt. Daraus sollte besonders bei der Erstellung des Compositings geachtet werden, da die Lichtqualität einzelner Ebenen sehr unterschiedlich sein kann.

Auch die Farbe der Lichtquelle ist bedeutend und kann mit optischen Filtern und Filterfolien beim Dreh oder in Compositing-Applikationen durch digitale Filter bzw. Farbkorrekturen verändert und aneinander angepasst werden.

Auch sollte eine eventuelle interaktive Beleuchtung der Objekte (fast alle Objekte in der Umgebung geben Licht ab) innerhalb der Szene Berücksichtigung finden.

2.3.21 CG-Elemente im Compositing

Aufgrund der immer weiter steigenden Leistungsfähigkeit von Computern finden computergenerierte 2D- und vor allem 3D-Elemente in Kino- und Fernsehfilmen immer mehr Verwendung. 2D-Elemente können beispielsweise digitale Matte Paintings und 3D-Elemente, u.a. komplette virtuelle Sets, Seterweiterungen, Gebäude, Fahrzeuge, Tiere, Kreaturen, Partikeleffekte oder auch digitale Doubles (für sonst unmögliche Stunts) sein.

3D-Objekte werden in 3D-Programmen meist als Bildsequenz in mehreren Pässen ausgegeben, welches dem Bearbeiter im Compositing ein hohes Maß an Flexibilität bei der Überarbeitung von Beleuchtung und Farbe einzelner Elemente oder andere Parameter wie Körnung oder Tiefenschärfe ermöglicht. Die Szene bleibt dadurch auch weiter editierbar (ohne ein erneutes rechenintensive 3D-Rendering durchführen zu müssen). Auch können Perspektive und das räumliche Verhältnis im Compositing festgelegt werden, wenn die 3D-Objekte als „echte“ 3D-Geometrien¹⁹⁶ in eine 3D-

¹⁹² Ist eine Lichtquelle doppelt so weit vom Objekt entfernt, so wird das Objekt nur noch ein Viertel so stark beleuchtet (ein Viertel der Helligkeit).

¹⁹³ Zur Messung des Lichts am Set kann ein Belichtungsmesser verwendet werden.

¹⁹⁴ Hartes Licht erzeugt scharfe Schattenkanten und hebt die Strukturen einer Oberfläche stark hervor.

¹⁹⁵ Weiches Licht erzeugt weiche und transparente Schatten. Entweder die Lichtquelle selbst ist diffus oder das Licht trifft auf eine diffuse Lichtquelle und wird in alle Richtungen gestreut (z.B. White Board), wodurch nur ein Teil des gestreuten Lichts ins Auge und ins Objektiv fällt.

¹⁹⁶ Beispiele für systemübergreifende 3d-Dateiformate sind *.OBJ und *.FBX.

Umgebung importiert werden können. Meist wird in 3D-Programmen auch automatisch eine Maske für das Freistellen des Objekts mitgeliefert.

Die Schwierigkeit besteht darin, die 3D-Elemente in eine Realaufnahme zu integrieren. Sei es das Anpassen an eine Kamerabewegung der Realaufnahme oder an die reale Beleuchtungssituation.

„Wie gut sich ein 3D-Element integrieren lässt, hängt oft maßgeblich davon ab, wie es im 3D-Programm texturiert wurde, welches Shading und welches Rendering es erhalten hat, und in wie vielen Pässen es von dort ausgegeben wird.“ [DUM10]

Diese einzelnen Pässe werden im Compositing zusammengefügt, welches auch als „Multipass-Compositing“ bezeichnet wird und dadurch wird das endgültige Aussehen des 3D-Elements erst im Compositing festgelegt. Der große Vorteil ist der, dass die einzelnen Pässe separat bearbeitet und verknüpft werden können. Typisch ist hier eine Ausgabe von unterschiedlichen Oberflächen- und Beleuchtungsattributen.

Typische Pässe sind:

- **Beauty Pass**, der die Wirkung des Lichts auf die Streufarbe und Umgebungsfarbe des Objekts enthält.
- **Specular Highlights Pass**, der die Glanzlichter auf der Oberfläche des Objekts enthält.
- **Shadow Pass**, der den Schlagschatten des Objekts (Schattenmaske) enthält.
- **Reflection Pass**, der Reflektionen auf der Oberfläche enthält.
- Und viele mehr.

Dadurch, dass man Fotorealismus zu erzeugen will, wird oft auch ein „Dirt Pass“ ausgegeben, der das Objekt mit einigen „Schäden“ und Abweichungen versieht, damit das Objekt nicht mehr so perfekt ist und sich dadurch besser ins Compositing einfügt. Oft werden auch nicht die Lichtwirkungen aller Lichtquellen auf die Oberfläche des Objekts in nur einem Pass gerendert, sondern die Wirkung der einzelnen Lichtquellen in mehreren „Lightning Passes“ ausgegeben, wodurch eine sehr genaue Steuerung der Lichteinwirkung auf die Objektoberfläche möglich ist. Je nachdem wie viele Pässe insgesamt für eine harmonische Integration ins Compositing notwendig sind, können beispielsweise nur drei oder fünf Pässe oder wie in großen Produktionen üblich mehrere dutzend Pässe ausgegeben werden. [DUM10]

Dadurch ist ersichtlich, dass die Erstellung und Integration von 3D-Objekten sehr komplex ist und umso arbeits- und zeitintensiver wird, je mehr 3D-Objekte integriert werden sollen.

Probleme im Umgang mit 3D-Objekten

Problematisch im Umgang mit 3D-Objekten sind die harten und zu scharfen Kanten (der automatisch generierten Maske im Alphakanal), so dass das im Compositing eingefügte 3D-Objekt nicht zum Rest der Einstellung passt. Abhilfe schafft hier die Anwendung eines Unschärfefilters auf den Alphakanal, um diesen leicht weichzuzeichnen. Da jedoch der Unschärfefilter nach innen und außen wirkt, muss man danach eventuell die Maske etwas verkleinern. Eine andere, effektivere Möglichkeit ist die, dass das 3D-Objekt nicht in voller

Größe gerendert (z.B. 70% der benötigten Größe) und danach entsprechend skaliert wird. Dadurch erhält man die gewünschte Weichheit der Kanten.

Auch enthalten 3D-Objekte reine Schwarzwerte, die in Realaufnahmen oft nicht vorhanden sind. Somit müssen die Schwarzwerte des 3D-Objekts etwas angehoben werden.

3D-Objekte mit Tiefeninformationen im Compositing¹⁹⁷

Bei der Ausgabe von 3D-Elementen kann neben der Maskeninformation auch eine Tiefenkarte¹⁹⁸ ausgegeben werden, die Informationen über die Anordnung des Objekts (Objektoberflächen) auf der Z-Achse (Tiefeninformation) beinhaltet und in der Regel relativ zur Kamera bestimmt wird.

Diese Information kann als eigenes Graustufen-Bild oder als integrierter Kanal (dann hat man ein 5-Kanal-RGBAZ-Bild) ausgegeben werden. [DUM10]

Durch eine Tiefenkarte können u.a. atmosphärische Effekte gesteuert und Elemente anhand der Tiefeninformation miteinander verbunden werden, welches auch als „Depth Compositing“ bezeichnet wird.



Abbildung 2.121 Beispiel 3D-Objekt und Tiefenkarte [BRI08]

Multiplane Compositing

Einige Compositing-Applikationen bieten die Möglichkeit 2D-Objekte (2D-Ebenen) in einer 3D-Arbeitsumgebung zu stapeln und zusammenzufügen, welches als „Multiplane Compositing“ bezeichnet wird. Hierfür hat man in der 3D-Arbeitsumgebung des Programms eine virtuelle Kamera und kann die Ebenen/Elemente in dieser Umgebung auf der Z-Achse positionieren. Hier wird keine Tiefenkarte verwendet.

Der Unterschied zum „Depth Compositing“¹⁹⁹ ist der, dass das „Depth Compositing“ durch die Tiefeninformationen (Z-Kanal) die Reihenfolge der Compositing-Ebene steuert. Beim „Multiplane Compositing“ gibt es keinen Z-Kanal und es wird eine echte 3D-Umgebung mit einer positionierbaren virtuellen Kamera genutzt, auch wenn die dort verwendeten Bilder 2D-Elemente sind. [WRI11]

¹⁹⁷ Z-Depth Compositing

¹⁹⁸ Engl.: Depth Map

¹⁹⁹ „Depth Compositing“ ist ein reiner 2D-Vorgang im Compositing.



Abbildung 2.122 Beispiel Multiplane Compositing [WRI11]

Dadurch, dass beim „Multiplane Compositing“ 2D-Elemente im 3D-Raum positioniert werden und auch eine bewegbare virtuelle Kamera verwendet wird, können tolle Ergebnisse erzielt werden. Jedoch können die 2D-Elemente keine perspektivischen Veränderung in Bezug auf die Kamerabewegung durchlaufen, was die Anwendung im Rahmen von Fotorealismus nur begrenzt einsetzbar macht.

2.3.22 Ausgabe des Projektes

Am Ende eines Projektes steht die Ausgabe, das „Rendering“. Dadurch, dass viele digitale Anwendungen zu teilweise nicht gewünschten Einbußen in der Bildqualität führen (können) und auch bei Render- und /oder Export-Vorgängen Artefakte entstehen können, ist das Ergebnis des Rendering einer genauen Prüfung zu unterziehen. Hierbei sollte auf sämtliche Arten von Artefakten, Korn/Rauschen, stockende Bewegungen, Schärfeverluste und Veränderungen der Farbe geachtet werden.

Beim Export wird die gerenderte Bildsequenz in einem standardisierten (Bild-)Datei- bzw. Grafikformat oder als Videodatei, als Container (z.B. MPEG2), ausgegeben. Hierbei gibt es verschiedene Dateiformate für die Ausgabe einer Bildsequenz und für Container verschiedene Codecs mit unterschiedlichen Komprimierungen.

3 Das Programm NUKE

3.1 Was ist NUKE?

NUKE ist eine Node-basierende digitale Compositing- und Effekt-Software, deren Zielgruppe hauptsächlich in der professionellen Film- und Video-Postproduktion zu finden ist. Entwickler ist die Firma „The Foundry“. Verfügbar ist diese sehr umfangreiche Software für Microsoft Windows, OS X und Linux.

Diese Software wird von großen und führenden Compositing- und VFX-Firmen verwendet. Das Programm wurde schon 1994 im Film „True Lies“ verwendet. Es wurde seitdem in vielen Blockbustern eingesetzt, beispielsweise „Apollo 13“ (1995), „Titanic“ (1997), „xXx“ (2002), „I, Robot“ (2004), „King Kong“ (2005) „Avatar“ (2009), „Alice im Wunderland“ (2010), „TRON: Legacy“ (2010), „Thor“ (2011), „Ghostbusters“ (2016) und „Star Wars – Das Erwachen der Macht“ (2016). Aber auch für die Postproduktion von Serien, wie z.B. „Game of Thrones“ wurde und wird diese Software eingesetzt und auch im Bereich Computerspiele und Virtual Reality (VR) wird NUKE eingesetzt.

Mit dieser Software und den darin angebotenen Werkzeugen kann man bewegte Bilder vollständig manipulieren und so u.a. folgende Schritte durchführen:

Farbkorrekturen, Keying, das Erstellen und Animieren von Elementen sowie Masken und Effekten, Bildtransformationen im zwei- und dreidimensionalen Raum, das Kombinieren und Manipulieren einzelner Kanäle in Bilddateien, das Kombinieren mehrerer Bilder/Animationen oder Typo-Animationen. Das Programm bietet dem Nutzer darüber hinaus noch sehr viele weitere Möglichkeiten.

Dadurch, dass NUKE eine auf Nodes basierende Software ist (die grafische Benutzeroberfläche basiert auf Nodes) ist es sehr übersichtlich, auch bei sehr komplexen und umfangreichen Projekten. Durch eine Node wird eine Operation im Compositingscript beschrieben (sei es Bilddaten, Effekte oder Manipulationen). Nodes werden in einer Baumstruktur, dem sog. Node Tree, miteinander verknüpft und beeinflussen somit das Ausgabebild (Endergebnis).

Die Oberfläche des Programms ist schlicht und funktionell.

Das Userinterface und das Scripting basiert auf den Scriptsprachen „Tool Command Language“ (TCL) und „Python“. Auch wird ein Software Development Kit (SDK) zur Erstellung von Plug-Ins auf C++-Basis angeboten.

Mit NUKE können diverse Dateitypen importiert werden. Neben sämtlichen gängigen Bild- und Videodateien kann es ebenso Dateien mit 3D-Inhalten, wie *.OBJ, *.FBX- und Alembic-Dateien, importieren und diese direkt in NUKE dreidimensional animieren oder mit Shadern und Texturen versehen.

Auch können Plug-Ins von anderen Herstellern in NUKE verwendet werden. Dieses wird durch die Schnittstelle „OpenFX Plug-In-Architektur“ (OFX) ermöglicht.

Hierfür werden Plug-In-Pakete von führenden Herstellern wie zum Beispiel The Foundry oder Primatte angeboten.

3.2 Programm-Versionen und Vergleich dieser

Über Nuke

Das Programm NUKE hat verschiedene Versionen, welche jeweils einen unterschiedlichen Abnehmerkreis im Bereich Compositing ansprechen sollen.

Somit unterscheiden sich die angebotenen Versionen in ihrem Funktionalitätsumfang. Grundsätzlich gibt es drei Versionen von NUKE: NUKE, NUKEX und NUKE Studio.

Die nachfolgende Abbildung unterteilt die drei Versionen grob in ihrem Funktionalitätsumfang. Ein genauer Vergleich ist der Datei (Tabelle) „Vergleich Nuke-Versionen“ im Anhang zu entnehmen.

NUKE	NUKEX	NUKE STUDIO
<ul style="list-style-type: none"> 3D Workspace Stereoscopic 3D workflow Robust compositing toolset Open Python API 	<ul style="list-style-type: none"> 3D Camera Tracker Advanced Advanced compositing tools 2 Nuke Assist licenses 3D Workspace Stereoscopic 3D workflow Robust compositing toolset Open Python API 	<ul style="list-style-type: none"> Multi-track timeline Conform and online editing Robust compositing toolset Multi-shot management and review 3D Workspace Stereoscopic 3D workflow Robust compositing toolset Open Python API 3D Camera Tracker Advanced Advanced compositing tools 2 Nuke Assist licenses

Abbildung 3.1 Vergleich NUKE-Versionen [ABC06]

Nuke

Nuke ist die „Basisvariante“ aus der NUKE-Produktpalette und bietet mit dieser Version eine gute Grundlage für die Einzelaufnahmen-VFX-Bearbeitung. Sie liefert dem Bearbeiter u.a. einen Node Graph, Viewer, Animations-Tools.

NukeX

NukeX beinhaltet den kompletten Funktionsumfang von Nuke, ergänzt durch eine Reihe von speziellen Plug-In Tools (um für bestimmte Aufgaben nicht mehr auf Drittanbieter-Software zurückgreifen zu müssen). Zusätzliche Tools sind u.a. Camera Tracker, Depth Generator, Furnace Core, Kronos.

Ab der Version NUKEX stehen dem Softwareinhaber zwei „**Nuke Assist**“ Lizenzen zur Verfügung, die beispielsweise für Workstations genutzt werden können, wo entsprechende Bearbeitet rotoskopieren, malen und tracken können. Die Anzahl der Tools für Nuke Assist ist begrenzt, bietet aber grundlegende Werkzeuge (z.B. Bezier, Draw, Roto usw.).

Nuke Studio

Nuke Studio ist die leistungsstärkste Anwendung und der Nuke-Produktfamilie und kombiniert alle Nuke-Produkte bzw. deren Werkzeuge und Fähigkeiten, die in verschiedenen Modi in Nuke Studio verwendet werden können. Außerdem enthält diese Version eine Timeline- und eine Compositing-Umgebung und einige zusätzliche

Funktionen, die nur für Nuke Studio verfügbar sind (z.B. die Möglichkeit, einen Nuke Comp zu erstellen, Soft-Effekte auf die Timeline und das Annotations-Menü hinzuzufügen).

Nuke Non-commercial

Nuke Non-commercial ist eine spezielle und kostenlose Version der kommerziellen Nuke-Anwendung, die lizenzfrei ist und nur für den privaten Gebrauch und zu Schulungszwecken bestimmt ist (keine kommerzielle Nutzung!). Sie enthält die meisten Features der kommerziellen Version und bietet einem die Möglichkeit die Anwendung (von zu Hause aus) komplett zu erkunden und kennenzulernen.

Es richtet sich somit an Studenten, Fachleute aus der Industrie und andere, die sich für Nuke interessieren.

In der nichtkommerziellen Version kann man Nuke, NukeX und Nuke Studio verwenden.

Die (Haupt-) Unterschiede zur kommerziellen Version sind folgende:

- Einige Nodes, wie BlinkScript, GenerateLUT (LUT: Lookup Tables), Primatte, Ultimatte, und WriteGeo, sind hier deaktiviert.
- Die Render-Ausgabe ist beschränkt auf 1920 x 1080 Pixel (Full-HD) und die Formate MPEG4 und H.264 sind deaktiviert.
- Die Kommandozeilen-Render sind auf verschlüsselte .nknc-Skripte beschränkt.
- Frame-Server-Slave-Rendering ist deaktiviert.
- EDL/XML-Sequenzen können hier nicht exportiert werden.
- Das Exportieren von LUTs von MatchGrade ist deaktiviert.
- Gizmos, Clipboard-Inhalte, .hrox-Projektdateien und .nk-Skripte sind alle verschlüsselt.
- Der Monitorausgang ist deaktiviert.

Ansonsten enthält Nuke Non-commercial die gesamte Funktionalität der kommerziellen Version von Nuke.

3.3 Systemvoraussetzungen

Unterstützte Betriebssysteme

- Windows 7 oder Windows 8 (nur 64-Bit) oder Windows 10 (nur 64-Bit)
- Mac® OS X 10.9 (Mavericks) oder 10.10 (Yosemite)
- CentOS/Red Hat Enterprise Linux 5 oder 6 (nur 64-Bit)

Minimale Hardware-Voraussetzungen

- x86-64 Prozessor, wie Intel Core 2 Duo oder neuer
- 5 GB Speicherplatz auf der Festplatte (zum Zwischenspeichern und für temporäre Dateien)
- Mindestens 8 GB RAM
- Monitor mit einer Auflösung von mindestens 1280 x 1024 Pixel und 24-Bit Farbe

- Graphikkarte mit mindestens 512 MB Video-Speicher und Treiber-Unterstützung für OpenGL 2.0²⁰⁰. Getestete Graphikkarten für Linux sind Quadro K4000 und Quadro K6000

3.4 Preise

Die regulären Preise für die drei Nuke-Versionen sind der nächsten Abbildung zu entnehmen.

NUKE		NUKEX		NUKE STUDIO	
€3,104	€895 /quarterly	€5,855	€1,730 /quarterly	€6,786	€1,980 /quarterly
Buy →	Rent →	Buy →	Rent →	Buy →	Rent →

Abbildung 3.2 Vergleich NUKE-Versionen

Im Anhang (DVD) ist eine spezielle Angebotsbroschüre von „The Foundry“ zum Nuke Education Program zu finden („Angebot von The Foundry für NUKE Education Program.pdf“).

3.5 Alternativen

Nuke ist im professionellen Bereich mit mehr als 90% Marktanteil das führende Compositing-Programm.

Mögliche Alternativen zu NUKE sind u.a. Adobe (After Effects), Blackmagic (Fusion), Autodesk (Flame, Maya Composite [Toxik], 3DS MAX, Motionbuilder), FXHome (HitFilm), Blender, Apple Shake.

3.6 Aufbau des Programms NUKE

Hier wird der Aufbau von Nuke Studio gem. „Nuke Online Help“ dargestellt. Die Darstellung der Punkte innerhalb dieses Kapitels ist in Englisch gehalten, da das Programm selber auch nur in englischer Sprache verfügbar ist und so mögliche Missverständnisse vermieden werden können.

Die Online-Hilfe ist unter <http://help.thefoundry.co.uk/nuke/Default.html> zu finden.

3.6.1 Arbeitsumgebungen in Nuke Studio

The Timeline Environment

The Nuke Studio Timeline environment allows the user to conform, create Nuke Comps, add soft effects, perform timeline-based editing, export the project, and view and edit metadata and properties.

²⁰⁰ Um die optionale GPU-Beschleunigung zu aktivieren, wird OpenGL 2.0 mit Unterstützung für Gleitkommazahlen und „OpenGL Shading Language (GLSL) benötigt.

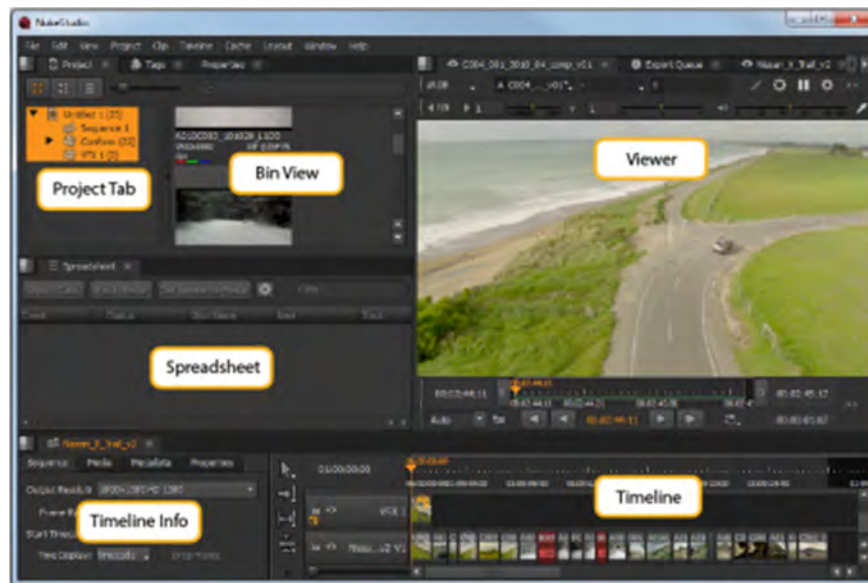


Abbildung 3.3 Nuke Studio Timeline Environment [ABC05]

Project Tab: The user can manage all aspects of the projects and bins in this tab.

Menu-Bar: The Menu bar can be used to access Nuke Studio's dropdown menus.

Bin View: The bin displays the contents of any selected Project tab.

Viewer: The media can be displayed and reviewed in the Viewer.

Timeline Info: The timeline info displays the current timeline's sequence, media, and metadata information.

Spreadsheet Tab: Use the Spreadsheet tab to display the contents of the timeline in spreadsheet form. Note that the spreadsheet and timeline are linked, mirroring any selections made.

Timeline: The timeline displays the current track, including all clip instances and any effects that have been added.

Timeline Editing Tools: There is a comprehensive set of editing tools provided in Nuke Studio. They allow the user to manipulate the clip instances directly in the timeline, in single- or multi-view projects, using a series of modal editorial tools that complement the Multi Tool. The user selects the tool he need for the job and then select a new tool and continue editing.

The timeline editing tools are grouped for convenience - each tool group contains several tools and the user can cycle between them by clicking the tool or using keyboard shortcuts. The editing tools work the same way in single- and multi-view timelines.












Icon	Tools	Description
	Multi Tool	The Multi Tool 's functionality is equivalent to most of the other tools combined, but doesn't require modal tool selection.
	Move/Trim	The Move/Trim tool allows you to manipulate the position of a clip instance or its output by adding or removing handles.
	Select	The marquee Select tool allows you to make multiple selections quickly by lassoing clip instances. Hold Shift to add to the selection and Alt to subtract from the selection.
	Selection by Track	The track selection tools allow you to quickly select multiple items depending on the initial selection. For example, the Select Track to Right tool selects all clip instances to the right of the target clip instance, within a single track.
	Slip Clip	The Slip Clip tool allows you to shift a clip instance's In and Out points by the same amount and in the same direction, retaining the original duration but altering the timeline output.
	Slide Clip	The Slide Clip tool allows you to move a clip instance in relation to the item before and/or after the target item, without changing its length or timeline output.
	Roll Edit	The Roll Edit tool enables you to roll a single edit within the available handles, shortening one clip instance while lengthening the other, but keeping the overall duration the same.
	Ripple Edit	The Ripple Edit tool operates similarly to the trim function of the Move/Trim tool, except that downstream clip instances are rippled to automatically close any resulting gaps in the timeline.
	Retime Clip	The Retime Clip tool allows you to trim a clip instance's In or Out point and automatically retime the clip to fill the new clip instance duration.
	Razor	The Razor and Razor All tools allow you to cut clip instances in to separate parts so you can remove sections or rearrange items on the timeline.
	Join	The Join tool can only be used on edit points between two razored clip instances, denoted by the yellow arrows at the edit.

Abbildung 3.4 Timeline Editing Tools

The Compositing Environment

The Compositing environment can be used to perform node-based compositing with a choice of different VFX tools, manage color grading, review your script, and render out your script.

By default, there is a Node Graph panel in the lower-left corner, a Viewer panel in the top-left corner, and a Properties panel on the right.

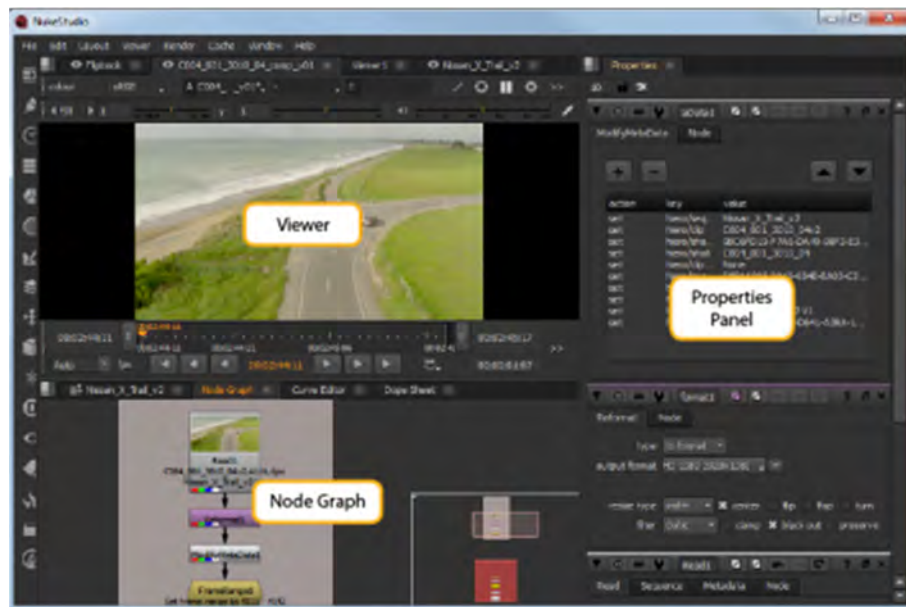


Abbildung 3.5 Nuke Studio Compositing Environment [ABC05]

Node Graph: The Node Graph is where the user adds nodes and builds the node tree.

Properties Panel: When the user adds a node to the Node Graph, its properties appear in the Properties panel on the right.

Viewer: To check the result, the output can be viewed in a Viewer.

3.6.2 How the Panels Link

In Nuke Studio, some panels are linked together so that the linked panel tabs are automatically displayed at the front of a panel, when one of linked group is selected. This makes it quick and easy to switch between working in the Timeline and Compositing environments.

The Timeline linked group includes the spreadsheet, the Timeline environment Viewer, and the timeline. The Compositing linked group includes the Node Graph, the Compositing environment Viewer, and the node Toolbar.

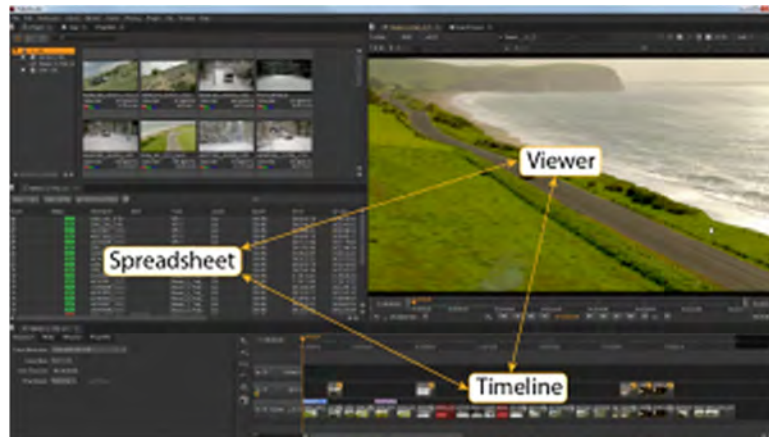


Abbildung 3.6 Timeline Linked Group [ABC05]

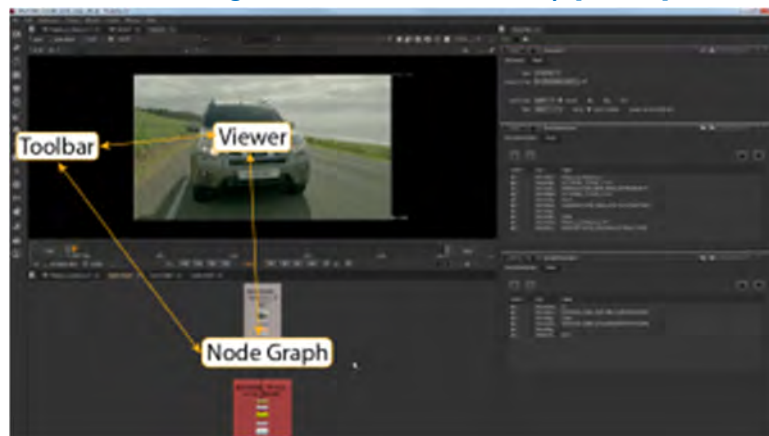


Abbildung 3.7 Compositing Linked Group [ABC05]

For example, when the user is in the Compositing environment and selects the spreadsheet from the Properties content menu. The spreadsheet appears as a new tab in the Properties pane, and automatically opens the timeline, and the timeline Viewer.

Shared panels take precedence over unshared panels. Shared panels include Curve Editor, Dope Sheet, Pixel Analyzer, Scopes, and Progress bars. The Properties pane and Script Editor are also shared panels, but differ slightly in that they show workspace-specific content. For example, the Properties panels shows soft effect keyframes and Node Graph keyframes depending on the currently selected workspace.

Panel Focus and Keyboard Shortcuts

Nuke Studio deals with panel focus in two ways: click focus and mouse-over focus. Click focus defines the main panel where keyboard events are registered and mouse-over focus allows you to temporarily override that focus. If the mouse-over focus is centered on a panel that doesn't recognize a particular keyboard event, the event falls back to the click focus panel.

A good example of click focus versus mouse-over focus is between Viewers and the Node Graph:

- If a Compositing Viewer has click focus and you press **B**, only the blue color channel is displayed in the Viewer. If the mouse-over focus resides on the Node Graph and you press **B**, the click focus is overridden and a Blur node is added to the Node Graph.
- If a Compositing Viewer has click focus and you press , (comma), the **gain** is reduced in the Viewer. If the mouse-over focus resides on the Node Graph and you press , (comma),

the gain is still reduced in the Viewer because the Node Graph has no, (comma) equivalent keyboard shortcut.

Some areas of the interface retain focus no matter where the mouse-over focus resides, such as the **message** control in the Text node's Properties panel and the **Filter** field in the Project panel.

Click focus is shown in the interface with a bright orange highlight in the panel name and mouse-over focus is shown as a muted orange highlight.

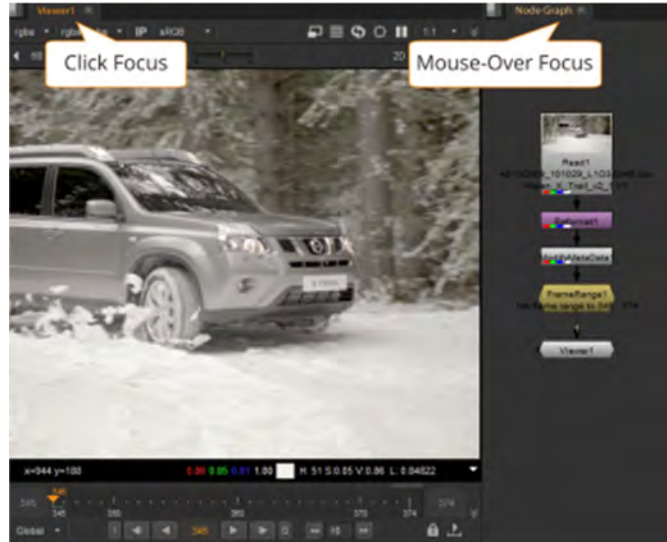


Abbildung 3.8 Panel Focus [ABC05]

3.6.3 Workspaces

Default Workspaces

There are six default workspaces in Nuke/NukeX and Nuke Studio. By default, Nuke/NukeX opens in the **Compositing** workspace and Nuke Studio opens in the **Finishing** workspace. To change the workspace, you can do either of the following:

- Select **Workspace** from the top menu bar and then select the required workspace.

OR

- Use the keyboard shortcuts to open the required workspace. Press **Shift** and the required workspace keyboard shortcut, depending on mode:

Keyboard Shortcut	Nuke/NukeX	Nuke Studio
Shift+F1	Compositing	Conforming
Shift+F2	LargeNodeGraph	Editing
Shift+F3	LargeViewer	Reviewing
Shift+F4	Scripting	Timeline
Shift+F5	Animation	Finishing
Shift+F6	Floating	Compositing


Tabelle 3.1 Workspaces Shortcuts [ABC05]

Customizing Workspaces

You can resize and split panes to make more room for different elements on the screen. To resize a pane, drag the divider line of the pane into a new location.



Abbildung 3.9 Anpassung von Abschnitten/Bereichen [ABC05]


You can split a pane by clicking on the content menu button  in the top-left corner of the pane, and then selecting **Split Vertical** or **Split Horizontal** from the menu that opens. Pressing and holding the **spacebar** brings up the right-click menu for that pane, where available.

Moving the Toolbar

The Toolbar can be moved into a new position by adding a new panel for it, hiding the panel name and controls, and resizing the panel.

Adding Tabs

When you can't fit more elements into your display, you can use tabs to save space. You can also use tabs to move the Toolbar into a new location.


You can add a tab by clicking on the content menu button  in the top-left corner of the pane, and then selecting the type of tab you want to add. For example, you can add **Node Toolbar**, **Node Graph**, **New Viewer**, or **Script Editor**. The new tab is added on top of the existing tabs.

To move tabs, click on the name of the tab and drag it to a new position inside the same pane or in another pane. You can close tabs again by clicking the **X** in the top-right corner of the tab you want to close. Closing a linked tab closes all associated tabs. If you hold **Alt** while closing a linked tab, it only closes that tab.

Soloing Tabs

You can choose to solo a tab by either right-clicking on the tab name or clicking the content menu, and then selecting **Solo Tab**. This automatically closes any other open tabs in the same pane, except for the one you have chosen to solo.

Floating Windows

You can turn tabs and panes into floating windows and vice versa. To turn a tab or pane into a floating window, click the content menu button  in the top-left corner in the tab or pane you want to float, and then select **Float Tab** or **Float Pane**. You can also float tabs


by either clicking **Ctrl/Cmd**+click on the tab name, or right-clicking on the tab name and select **Float Tab**.

To change a floating window into a tab or pane, click on the tab or pane name in the floating window and drag it to where you want it to dock. You can close floating windows by clicking the **X** button in the top-right corner of the tab or pane.

Maximizing Windows

To make a window fullscreen, first ensure the window you want to make fullscreen is active, and then press **Alt+S**. This could be the main application window or a floating Viewer. Making it fullscreen removes the window borders. You can also maximize tabs and panels by pressing spacebar.

Hiding Tab Names and Controls

You can hide the names and control buttons of tabs, as you may not need them with all panels, such as the Toolbar panel. To hide the names and controls on tabs, click the content menu button  in the top-left corner of the tab, and disable **Show Tabs**.

You can show the names and controls on tabs again by moving the cursor over the top of the pane area until the top edge of the pane highlights, right-click to open the content menu, and select **Show Tabs**.

Saving and Loading Workspaces

After you have customized a workspace and you are happy with it, you can save it by selecting **Workspace > Save Workspace...** You are then asked to name it. After saving it, your custom workspace appears in the **Workspace** dropdown under the existing default workspaces. Select it from the dropdown to load it.

Workspaces are saved in your **.nuke** file under **Workspaces > Nuke** or **NukeStudio**, depending on which Nuke mode you're currently using.

NOTE: The location of the **.nuke** file varies by platform.

Setting the Startup Workspace

When you launch Nuke, it opens in the workspace set in the Preferences. You can change the startup workspace to any other default workspace or a custom workspace, by doing the following:

1. Open the Preferences dialog by pressing Shift+S.
2. In the Behaviors section, select Startup.
3. Use the startup workspace dropdown to select the workspace you want Nuke to load on startup.

3.6.4 Setting Preferences

Displaying the Preferences Dialog

Open the **Preferences** dialog by pressing **Shift+S**. The preferences available depend on which mode Nuke is launched in.

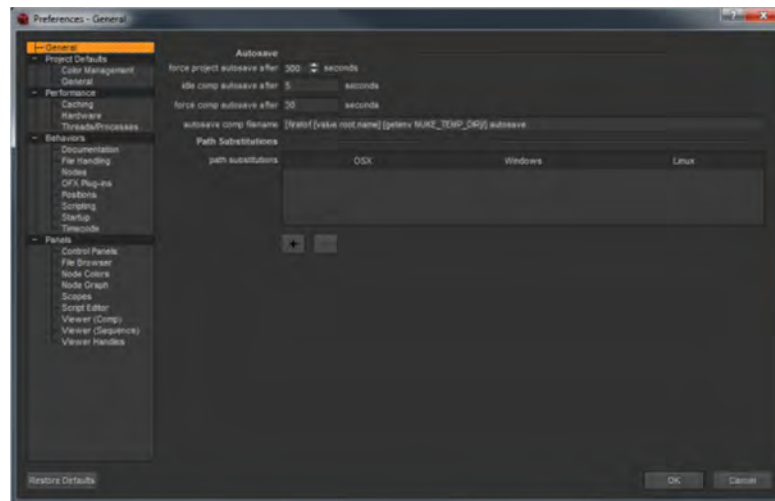


Abbildung 3.10 Preferences - General [ABC05]

Changing Preferences

When you make a change to a preference, in most cases, the interface registers the change immediately (for example, an interface element displays in the new color). Some preference changes, such as **Performance** > **Hardware** > **default blink device**, require you to restart Nuke Studio, for the changes to take effect.

http://help.thefoundry.co.uk/nuke/content/appendices/appendixa/available_preferences_studio.html

Saving Preferences

Nuke stores your preference settings in a file called **preferences10.5.nk**, which resides in your **.nuke** directory. The location of this is dependent on your operating system.

- Linux: /home/login name/.nuke
- Mac OS X: /Users/login name/.nuke
- Windows: drive letter:\Users\login name\.nuke

On Windows, **.nuke** resides in the directory pointed to by the HOME environment variable. If this variable is not set (which is common), the **.nuke** directory is under the folder specified by the USERPROFILE environment variable.

Each Nuke user can maintain his or her own unique settings. After making a change in the **Preferences** dialog, you can simply click **OK** to save and close your preferences. If you click **Cancel**, any changes that you made are not saved.

To save the preferences

Make the desired changes inside the **Preferences** dialog, then click **OK**. Nuke writes the new settings to **preferences10.5.nk** file, which you can find in the **.nuke** directory:

- **On Windows:** The **.nuke** directory can be found under the directory pointed to by the HOME environment variable. If this variable is not set (which is common), the **.nuke** directory is under the folder specified by the USERPROFILE environment variable - which is generally of the form *drive letter*:\Documents and Settings*login name*\ (Windows XP) or *drive letter*:\Users*login name*\ (Windows Vista).

To find out if the HOME and USERPROFILE environment variables are set and where they are pointing at, enter %HOME% or %USERPROFILE% into the address bar in Windows Explorer. If the environment variable is set, the folder it's pointing at is opened. If it's not set, you get an error.

- **On Mac OS X:** `/Users/login name/.nuke`
- **On Linux:** `/users/login name/.nuke`

Your new preferences remain in effect for the current and all subsequent sessions.

Resetting Preferences

To reset any changes you made simply click **Restore Defaults** in the bottom-left of the **Preferences** dialog. You can reset the preferences to default by deleting the **preferences10.5.nk** file. After doing this, the next time you launch Nuke, it rebuilds the file with the default preferences.

3.6.5 Using the Compositing Environment

Dieser Abschnitt soll zeigen, wie die Compositing-Umgebung verwendet werden kann. Dieses beinhaltet auch das Arbeiten mit Nodes, die Anwendung der „Toolbar“ und des „Properties Panels“.

Toolbar, Menu Bar, and Content Menus

The **Toolbar** is located on the left-hand side of the Viewer in the Compositing environment. It consists of a number of menu icons. The different nodes are grouped under these icons based on their functions. You use the Toolbar to add nodes to the Node Graph.

The **menu bar** is located on top of the Nuke window (in all workspaces). Its menus, such as the **File** or **Edit** menu, let you perform more general actions related to the project or script, the Viewers, or editing, rather than certain individual nodes.

In addition to the Toolbar and the menu bar, you should also familiarize yourself with the content menus. They are the gray checkered boxes in the top-left corner of each pane. If you click on the box, a menu opens as shown in the image below. You can use the options in the **menu to customize the workspace**.

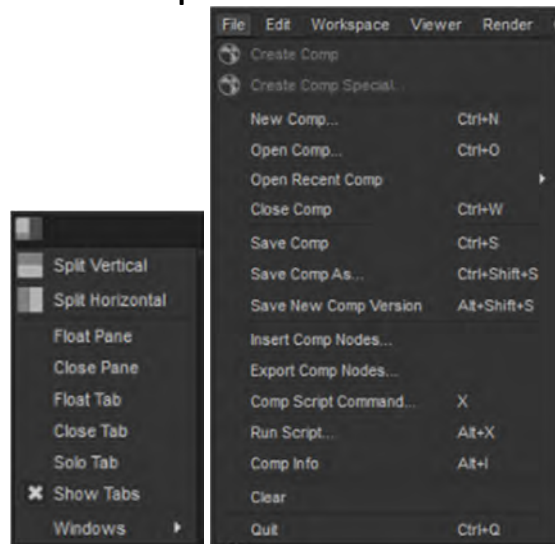


Abbildung 3.11 Menu to customize the workspace and the Menu Bar[ABC05]

Finally, to work faster, you can right-click on the different panels to display a menu with options related to that particular panel.

The Toolbar


















Symbol		Funktionen
	Image	Image Read and Write nodes, built-in Nuke elements, and Viewer nodes.
	Draw	Roto shapes, paint tools, film grain, fills, lens flares, sparkles, and other vector-based image tools.
	Time	Retiming image sequences.
	Channel	Channel management.
	Color	Applying color correction effects.
	Filter	Applying convolve filters, such as blur, sharpen, edge detect, and erode.
	Keyer	Extracting procedural mattes.
	Merge	Layering background and foreground elements.
	Transform	Translating, scaling, tracking, and stabilizing elements.
	3D	3D compositing nodes and tools.
	Particles	Creating, spawning, and editing particles.
	Deep	Creating, merging, and editing deep images.
	Views	Nodes for working with views and stereoscopic or multi-view material.
	Metadata	Viewing, editing, and comparing image metadata.
	ToolSets	Creating, deleting, and managing tool sets.
	Other	Additional operators for script and Viewer management.
		Any installed plug-ins and custom menus that do not have their own icon.

Tabelle 3.2 Toolbar: icons and functions

Eine detaillierte Beschreibung, wie z.B. in Nuke gekeyed wird etc. ist unter https://help.thefoundry.co.uk/nuke/#comp_environment/nuke/nuke_intro.html%3FTocPath%3DCompositing%2520with%2520Nuke%7C_0 zu finden.

3.7 Hinweise zum Arbeiten mit den Nodes

Nachfolgend wird auf einige relevante Punkte eingegangen. Detailliertere Informationen sind unter <http://help.thefoundry.co.uk/nuke/Default.html> zu finden.




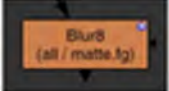





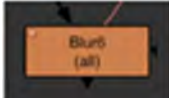





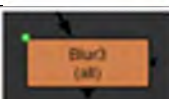

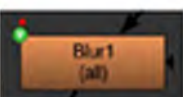


Indikator	Erscheinungsort	Bedeutung
		The wide rectangles indicate the channels the node processes. The thin rectangles indicate the channels that are passed through the node untouched.
		The node's effect is limited by a mask from either the node's primary input or output.
		The node has been disabled by pressing D or by selecting Edit > Node > Disable/Enable .
		The node has been disabled using an expression.
		The node has been cloned. The indicator appears on both the parent and the child node.
		One or more of the node parameters are animated over time.
		One or more of the node parameters are being driven by an expression.
		You are working with a multi-view project and have split off one or more views in the node's controls.
		You are working with a multi-view project and have split off one or more views in the node's controls, dots also appear on the node to indicate which views have been split off. For example, if you are using red for the left view and split off that view, a red dot appears on the node.
		The full effect of the node is not in use, because you have adjusted the mix slider in the node's controls.

Tabelle 3.3 Indikatoren von Nodes

3.8 Grobe Erläuterung der Nodes in NUKE

Hier werden die Node-Gruppen kurz erläutert und die dazugehörigen Nodes aufgelistet. Für eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Nodes wird auf den „Reference Guide“ von The Foundry verwiesen. Dieser ist unter

http://help.thefoundry.co.uk/nuke/Default.html#reference_guide/preface/reference_guide.html%3FTocPath%3DReference%2520Guide%7C_____0

zu finden.

Image Nodes

Image Nodes befassen sich mit dem Laden, Betrachten und Rendern von Bildern, Bildsequenzen, Containern (Videodateien) sowie dem Erstellen von eingebauten Nuke-Elementen wie Checkerboards und color wheels.

Zu den Image Nodes gehören:

CheckerBoard, ColorBars, ColorWheel, Constant, CurveTool, Read, UDIM Import, Viewer, Write

Draw Nodes

Draw Nodes enthalten Roto-Formen, Paint-Werkzeuge, Filmkorn, Fills, Linsenflecken, Funken und andere vektorbasierte Bildwerkzeuge.

Zu den Draw Nodes gehören:

Dither, DustBust, Flare, Glint, Grain, Grid, LightWrap, MarkerRemoval, Noise, Radial, Ramp, Rectangle, Roto, RotoPaint, ScannedGrain, Sparkles, Text

Time Nodes

Time Nodes dienen der Zeitverzerrung (d.h. Verlangsamung, Beschleunigung oder Rückwärtsabspielen von Clips), Anwendung von Bewegungsunschärfe und Durchführung von Operationen wie Schleifen, Schnitte, Spleiße und Einfrieren von Frames etc.

Zu den Time Nodes gehören:

Add 3:2 pulldown, AppendClip, FrameBlend, FrameHold, FrameRange, Kronos, NoTimeBlur, OFlow, Remove 3:2 pulldown, Retime, SmartVector, TemporalMedian, TimeBlur, TimeClip, TimeEcho, TimeOffset, TimeWarp, VectorGenerator

Channel Nodes

Channel Node befassen sich mit der Verwendung von Kanälen (Channels) und Ebenen (Layers) im Composite. Typische Kanäle sind rot, grün, blau und alpha - allerdings gibt es viele andere nützliche Daten, die in einzelnen/besonderen Kanälen abgespeichert werden können. Eine Ebene ist einfach eine Sammlung von Kanälen, z.B. RGBA.

Zu den Channel Nodes gehören:

AddChannels, ChannelMerge, Copy, Remove, Shuffle, ShuffleCopy,

Color Nodes

Color Nodes befassen sich mit Farbkorrekturen, Farbraum und Farbmanagement.

Zu den Color Nodes gehören:

Add, Clamp, ClipTest, CMSTestPattern, ColorCorrect, ColorLookup, ColorMatrix, Colorspace, ColorTransfer, Crosstalk, Exposure, Expression, Gamma, GenerateLUT, Grade, HistEQ, Histogram, HSVTool, HueCorrect, HueShift, Invert, Log2Lin, MatchGrade, MinColor, Multiply, OCIOCDLTransform, OCIOColorSpace, OCIODisplay,

OCIOFileTransform, OCIOLogConvert, PLogLin, Posterize, RolloffContrast, Sampler, Saturation, SoftClip, Toe, Truelight, Vectorfield

Filter Nodes

Filter Nodes enthalten Filter, wie z.B. Unschärfe, Schärfen, Kantenerkennung und Erodieren/Auswaschen.

Zu den Filter Nodes gehören:

Blur, Bilateral, BumpBoss, Convolve, Defocus, DegrainBlue, DegrainSimple, Denoise, DirBlur, DropShadow, EdgeBlur, EdgeDetect, Emboss, Erode (blur), Erode (fast), Erode (filter), Glow, GodRays, Laplacian, LevelSet, Matrix, Median, MotionBlur, MotionBlur2D, MotionBlur3D, Sharpen, Soften, VectorBlur, VolumeRays, ZDefocus, ZSlice

Keyer Nodes

Mit Keyer Nodes können Maskenextraktionen u.a. aus Bildsequenzen mittels Luma-, Chroma- und Differenz-Keying erfolgen.

Zu den Keyer Nodes gehören:

ChromaKeyer, Difference, HueKeyer, IBKColor, IBKGizmo, Keyer, Keylight, Primatte, Ultimatte

Merge Nodes

Mittels Merge Nodes können mehrere Bilder miteinander verknüpft werden.

Zu den Merge Nodes gehören:

Absminus, AddMix, Blend, ContactSheet, CopyBBox, CopyRectangle, Dissolve, In, Keymix, LayerContactSheet, Matte, Max, Merge, MergeExpression, Min, Multiply, Out, Plus, Premult, Screen, Switch, TimeDissolve, Unpremult, ZMerge

Transform Nodes

Mit Transform Nodes können Transformationen wie Translation, Rotation und Skalierung sowie Tracking, Warping und Motion Blur angewendet werden.

Zu den Transform Nodes gehören:

AdjustBBox, BlackOutside, CameraShake, Card3D, CornerPin2D, Crop, GridWarp, IDistort, LensDistortion, Mirror, PointsTo3D, Position, Reconcile3D, Reformat, SphericalTransform, SplineWarp, Stabilize, STMap, Tile, Tracker, Transform, TransformMasked, TVIScale, VectorDistort

3D Nodes

3D-Nodes zielen auf den 3D-Arbeitsbereich von Nuke ab, mit dem ein 3D-Composite für Kamerabewegungen, Set-Austausch und andere Anwendungen erstellt werden können, in dem eine "reale" dimensionale Umgebung simuliert wird.

Zu den 3D Nodes gehören:

AmbientOcclusion, ApplyMaterial, Axis, BasicMaterial, BlendMat, Camera, CameraTracker, Card, CrosstalkGeo, Cube, Cylinder, DepthGenerator, DepthToPoints, DepthToPosition, Diffuse, Direct, DisplaceGeo, Displacement, EditGeo, Emission, Environment, FillMat, GeoSelect, Light, LogGeo, LookupGeo, MergeGeo, MergeMat, ModelBuilder, ModifyRIB, Normals, Phong, Point, PointCloudGenerator, PoissonMesh, PositionToPoints, PrmanRender, ProceduralNoise, Project3D, RadialDistort, RayRender,

ReadGeo, Reflection, Refraction, Relight, ScanlineRender, Scene, Specular, Sphere, Spot, TransformGeo, Transmission, Trilinear, UVProject, UVTile, Wireframe, WriteGeo

Particles Nodes

Particles nodes (nur NukeX und Nuke Studio) beschäftigen sich mit dem eingebauten Partikelsystem von Nuke, das oft für die Erstellung von Effekten wie Nebel, Rauch, Regen, Schnee und Explosionen verwendet wird.

Zu den Particle Nodes gehören:

ParticleBounce, ParticleCache, ParticleCurve, ParticleDirectionalForce, ParticleDrag, ParticleEmitter, ParticleExpression, ParticleGravity, ParticleLookAt, ParticleMerge, ParticleMotionAlign, ParticlePointForce, ParticleSettings, ParticleSpawn, ParticleSpeedLimit, ParticleToGeo, ParticleTurbulence, ParticleVortex, ParticleWind

Deep Nodes

Deep Nodes beinhalten Werkzeuge zum tiefenbasierten Compositing, wo jeder Pixel mehrere Werte aufweisen kann.

Zu den Deep Nodes gehören:

DeepColorCorrect, DeepCrop, DeepExpression, DeepFromFrames, DeepFromImage, DeepHoldout, DeepMerge, DeepRead, DeepRecolor, DeepReformat, DeepSample, DeepToImage, DeepToPoints, DeepTransform, DeepWrite

Views Nodes

Mit Views Nodes können stereoskopische oder multi-view Compositings erstellt werden.

Zu den Views Nodes gehören:

Anaglyph, JoinViews, MixViews, OneView, ReConverge, ShuffleViews, SideBySide, Split and Join

Metadata Nodes

Bei den Metadata Nodes geht es um Informationen, die in den Bildern eingebettet sind, wie z.B. die ursprüngliche Bittiefe des Bildes, die Breite und die Höhe.

Zu den Metadata Nodes gehören:

AddTimeCode, CompareMetaData, CopyMetadata, ModifyMetaData, ViewMetaData

ToolSets Nodes

In den ToolSets Nodes sind in Nuke selbst erstellte Werkzeuge zu finden.

Zu den ToolSets Nodes gehören:

Create, Delete

Other Nodes

Bei Other Nodes sind zusätzliche Nodes für das Script- und Viewer-Management zu finden.

Zu den Other Nodes gehören:

Assert, AudioRead, Backdrop, BlinkScript, BurnIn, DiskCache, Dot, Group, Input, NoOp, Output, PostageStamp, Precomp, StickyNote, All plugins,

FurnaceCore Nodes

Die FurnaceCore nodes beinhalten die beliebtesten Furnace Plug-Ins und sind in NukeX und Nuke Studio verfügbar.

Zu den FurnaceCore Nodes gehören:

F_Align, F_DeFlicker2, F_ReGrain, F_RigRemoval, F_Steadiness, F_WireRemoval

Ocula Nodes

Ocula Nodes sind nur mit einer Ocula Lizenz für Nuke verfügbar und Ocula ist eine Sammlung von Werkzeugen, die häufige Probleme mit stereoskopischen Bildern lösen kann, die die Produktivität in der Postproduktion verbessern und letztlich dazu beitragen kann, ein lohnenderes 3D-Stereo-Erlebnis zu liefern.

Zu den Ocula 3.0 Nodes gehören:

O_ColourMatcher, O_DepthToDisparity, O_DisparityGenerator, O_DisparityToDepth, O_DisparityViewer, O_FocusMatcher, O_InteraxialShifter, O_NewView, O_OcclusionDetector, O_Retimer, O_Solver, O_VectorGenerator, O_VerticalAligner

Zu den Ocula 4.0 Nodes gehören:

O_ColourMatcher, O_DepthToDisparity, O_DisparityGenerator, O_DisparityToDepth, O_DisparityViewer, O_FocusMatcher, O_InteraxialShifter, O_MultiSample, O_NewView, O_OcclusionDetector, O_Retimer, O_Solver, O_VectorGenerator, O_VerticalAligner

CaraVR Nodes

CaraVR Nodes sind nur mit einer CaraVR Lizenz für Nuke verfügbar.

CaraVR ist eine Sammlung von Nodes, die entwickelt wurden, um Compositings von die Mono- und Stereo-Live-Action-360°-Aufnahmen in der Postproduktion zu unterstützen.

Zu den CaraVR 1.0 Nodes gehören:

C_Blender, C_CameraSolver, C_ColourMatcher, C_DisparityGenerator, C_MetaDataTransform, C_RayRender, C_SphericalTransform, C_STMap, C_Stitcher, C_Tracker

4 Compositing und VFX am Beispiel

Zur Veranschaulichung, was u.a. mit dem Compositing-Programm NUKE realisiert werden kann, soll ein entsprechender Clip erstellt werden.

Der Clip soll mehrere Compositing- und VFX-Elemente enthalten.

Es wird ein kleiner Star Wars Clip bzw. Szene, genauer eine Kampfszene gedreht und digital aufbereitet werden.

4.1 Vorbereitungen

Für die Erstellung der Kampfszene wurden zwei Lichtschwertgriffe aus Aluminium hergestellt, in denen helle LED-Taschenlampen eingeschoben werden und das Ende zugeschraubt werden kann. Komplettiert werden die Lichtschwerter dann mit den „Klingen“, welche aus angepassten Kunststoff-Kartenrollen und einem Abschlussdeckel bestehen. Die Kunststoff-Kartenrollen wurden der Länge nach aufgeschnitten, in der Breite gekürzt, zusammengerollt, zur Vorbereitung zum Kleben mit durchsichtigem Klebeband fixiert, mit Kraft-Kleber die Zwischenräume verklebt, dann wieder mit durchsichtigem Klebeband umklebt und anschließend in die Griffe eingeschoben und verklebt. Als Klingen-Spitzen wurden milchig durchsichtige Deckel von Deo-Roller verwendet. Diese wurden ebenfalls verklebt. Die nächste Abbildung zeigt die Herstellung der Lichtschwerter.



Abbildung 4.1 Herstellung der Lichtschwerter

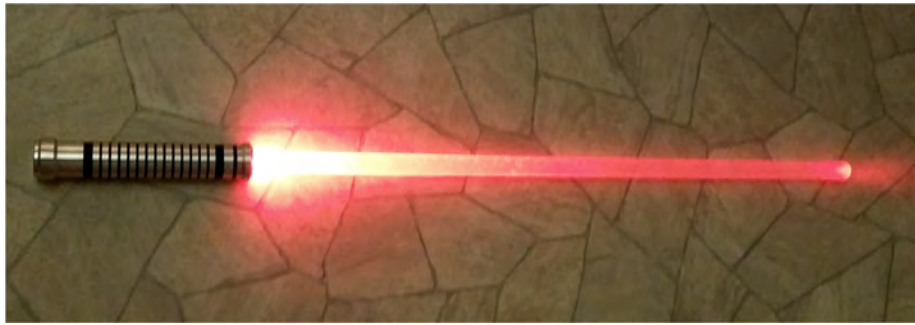


Abbildung 4.2 Fertiges Lichtschwert mit Klinge und Beleuchtung

Wozu überhaupt eine „echte Klinge“? Eine echte Klinge, aus einem durchsichtigen Kunststoff mit einer rauen Oberfläche, bietet für den Dreh, aber auch für die Postproduktion viele Vorteile. So kann man mit Klingen eine Kampfszene besser realisieren, da man beim Kämpfen einen echten Widerstand beim Aufprall zweier Klingen hat. Beim Dreh wird die eine Klinge mit Hilfe einer farbigen Taschenlampe²⁰¹, hier rotes Licht, illuminiert. Die andere wird mit einer weißen Lampe mit einer vorgesetzten grünen Filterfolie beleuchtet. Hierdurch erhellt man schon beim Dreh einen leichten farbigen Schein auf den Akteuren und der nahen Umgebung, welches dann im Programm verstärkt werden kann. Ohne das Vorhandensein des leichten farbigen Scheins, ist dieser nachträglich nur schwer zu realisieren. Die illuminierten echten Klingen dienen außerdem als Referenz für die in der Postproduktion zu erstellenden virtuellen Klingen, welche über den echten Klingen „gelegt werden“, mit dem gewünschten Nachzieheffekt (Motion Blur Effekt).

Als Drehort wurde ein großes Feld in Oranienburg (nördlich von Berlin) mit einem Waldgebiet im Hintergrund ausgewählt.

Angedacht ist im Compositing im Hintergrund, also im bzw. hinter dem Waldgebiet ein futuristisches Gebäude zu implementieren, von dem virtueller Rauch aufsteigt.

Gedreht werden soll am Tage und bei klarem Himmel, denn es soll im Himmel, außerhalb der Atmosphäre, ein oder mehrere Planeten und ggf. ein Raumschiff (Sternzerstörer) im Compositing integriert werden. Auch sollen verschiedene visuelle Effekte und auch die Lichtschwerter im Compositing erstellt werden.

4.1.1 Ausgangsmaterial Clip

Verwendete Technik:

- Programm NUKE (Lizenz: non-commercial)
- Canon EOS 550D (Auflösung: Full HD)
- Objektiv (Yongnuo 35mm Normalobjektiv, Festbrennweite) mit Sonnenblende und UV-Filter
- Stativ

²⁰¹ Taschenlampe: LED LENSER P7QC, 4 einstellbare Farben: weiß, grün, rot, blau

Videodatei von Canon EOS 550D → *.MOV mit H.264 Codec (8bit) und ohne Audiodatei (Auswahl keine Tonaufnahme in Kamera).

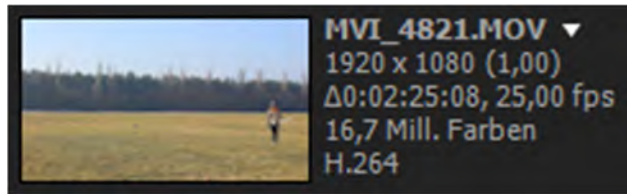


Abbildung 4.3 Aufnahmeeinstellungen des Ausgangsvideos

Generell ist von einer Nutzung eines Containers (einer Videodatei mit Audio) in NUKE abzuraten, wenn framegenaues Arbeiten erfolgen soll (besonders bei VFX-Arbeiten).

Somit muss das Rohvideo zuerst in eine Bildsequenz umgewandelt werden, wobei jedes Einzelbild einen Frame darstellt. Komprimierte Formate sollten nicht genutzt werden, wie z.B. JPEG, da zu viele Informationen verloren gehen, welche für die Bearbeitung benötigt werden bzw. werden könnten.

TIFF wäre generell gut, jedoch ist dieses Format sehr langsam. Von fortgeschrittenen Nutzern (aus Hollywood-Postproduktion-Häusern) wird empfohlen das Format *.EXT²⁰² zu nutzen, welches in Compositing-Programmen wie NUKE und After Effects sehr gut verarbeitet werden kann. Alternativ kann auch das Format *.PNG genutzt werden.

4.1.2 Erstellen einer Bildsequenz

Um die gewünschte Bildsequenz zu erstellen, wurde das Video zunächst in einer Testversion von Adobe After Effects CC 2017 geladen²⁰³ und nachfolgend wird die Konvertierung mit diesem Programm in das bevorzugte Bildsequenz-Format (*.PNG oder *.EXT) beschrieben. Durch den Verfasser wurde eine Sequenz im *.PNG-Format erstellt und anschließend im Programm NUKE verwendet. Grundsätzlich können auch andere Konvertierungsprogramme zur Erstellung einer Bildsequenz genutzt werden.

Nach dem Laden des Videos in Adobe After Effects CC 2017 kann das Video dahingegen analysiert werden, welcher Teil des Videos überhaupt in eine Bildsequenz umgewandelt werden soll (grob reicht aus). Hintergrund ist der, dass das Umwandeln je nach getroffenen Einstellungen relativ lange dauern kann (bis hin zu einigen Stunden oder auch mehr bei langen Videos).

Anschließend wird das Video im OpenEXT-Format²⁰⁴ und im PNG-Format als Bildsequenz gerendert (ausgegeben) und somit im Arbeitspfad abgespeichert.

Um die geladene Videodatei als Bildsequenz zu exportieren wird „Datei → Exportieren → An die Renderliste anfügen“ ausgewählt.

²⁰² Das Format *.EXT wird unter <http://www.openexr.com/about.html> näher beschrieben.

Von Adobe: „Das Dateiformat OpenEXR (EXR) wird in Branchen, in denen visuelle Effekte eingesetzt werden, für HDR-Bilder verwendet. Das Filmformat weist hohe Farbtreue und einen dynamischen Bereich auf, der sich für den Einsatz in der Filmproduktion eignet. OpenEXR wurde von Industrial Light and Magic entwickelt und unterstützt verlustfreie und verlustreiche Komprimierungsmethoden. OpenEXR unterstützt Transparenz und kann nur bei Bildern mit 32-Bit-Kanal verwendet werden. (Das Format speichert die Werte in Form von 16-Bit-Gleitkomma-dateien.)“

²⁰³ Die Internetseite zu Adobe After Effects ist hier zu finden: <http://www.adobe.com/de/products/aftereffects.html> und hier der Link, um die Testversion herunterzuladen: <https://creative.adobe.com/de/products/download/aftereffects?promoid=KSPEC>

²⁰⁴ <http://www.exr-io.com/>

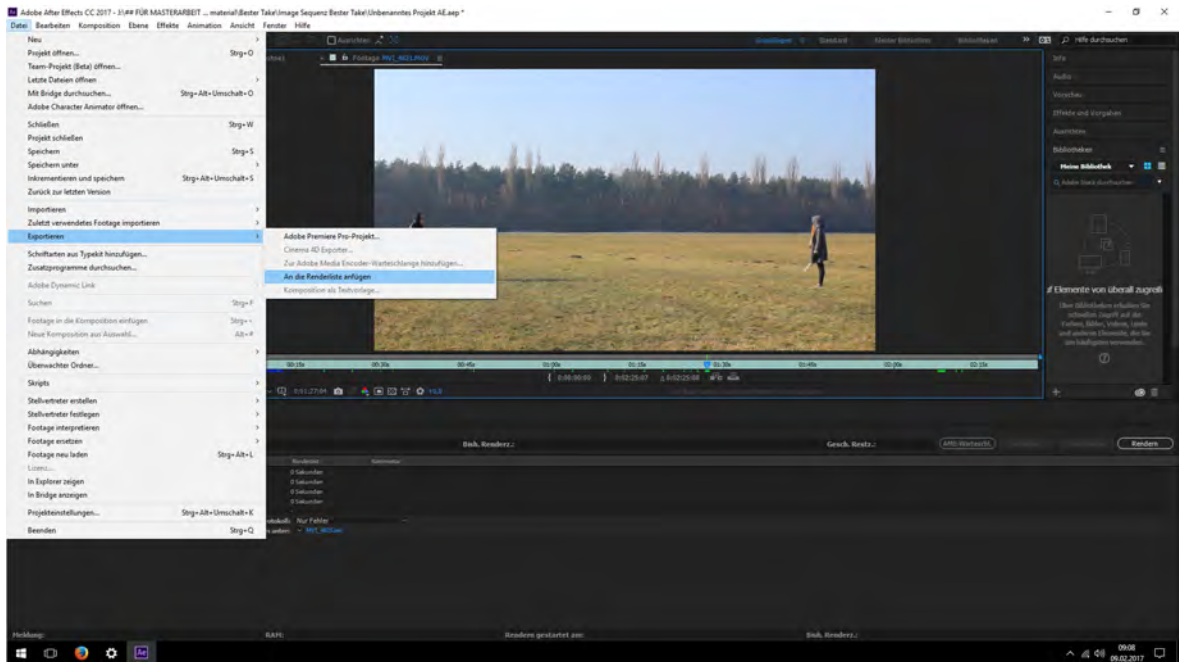


Abbildung 4.4 Umwandlung des Videos in eine Bildsequenz (1)

In der Ecke unten links sieht man nun die Renderliste und die aktuelle angefügte Datei zum Rendern ist ganz unten²⁰⁵.

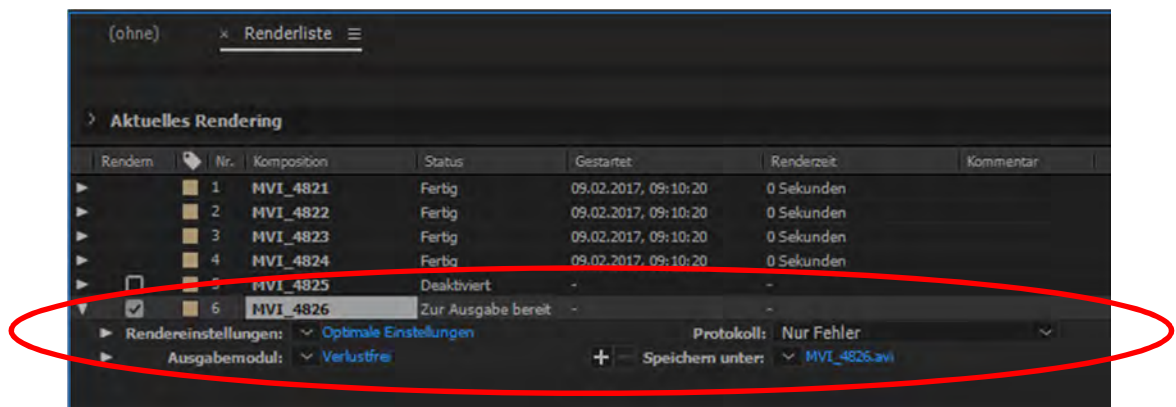


Abbildung 4.5 Umwandlung des Videos in eine Bildsequenz (2)

Es sind dann entsprechende Rendereinstellungen, Einstellungen zur Ausgabe und der Speicherort für die Ausgabe festzulegen.

²⁰⁵ Dadurch, dass einige Versuche mit verschiedenen Einstellungen vorgenommen wurden, sind hier noch andere Dateien zu sehen.

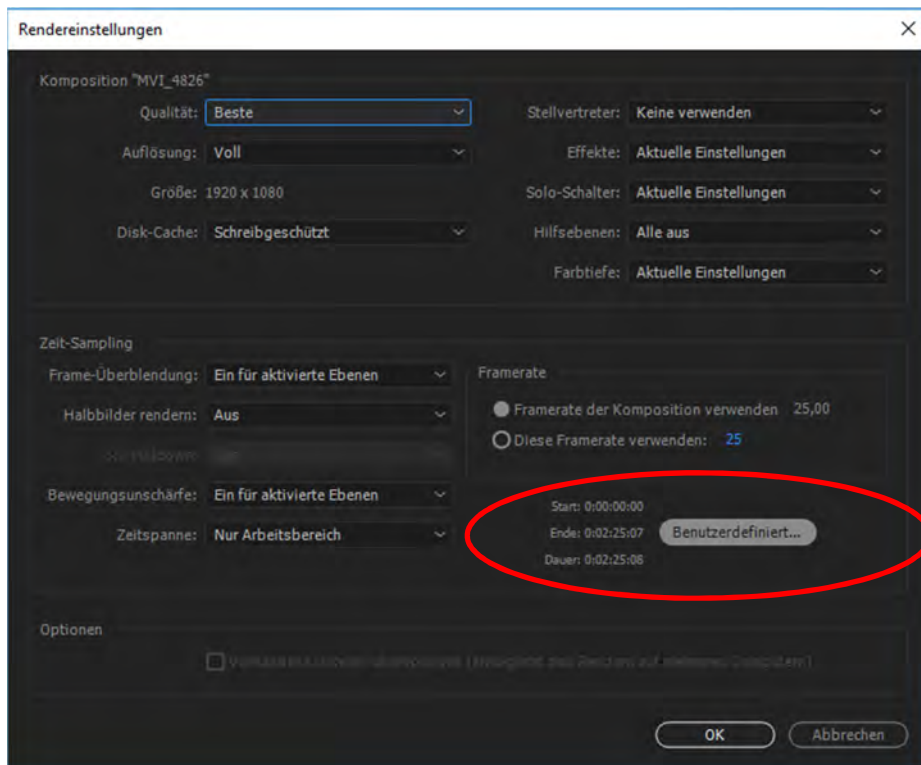


Abbildung 4.6 Rendereinstellungen

Die Default-Einstellungen können so genutzt werden, jedoch kann und wird hier die Ausgabe auf einen groben Bereich des Videos eingeschränkt, um die Konvertierungszeit zu minimieren.

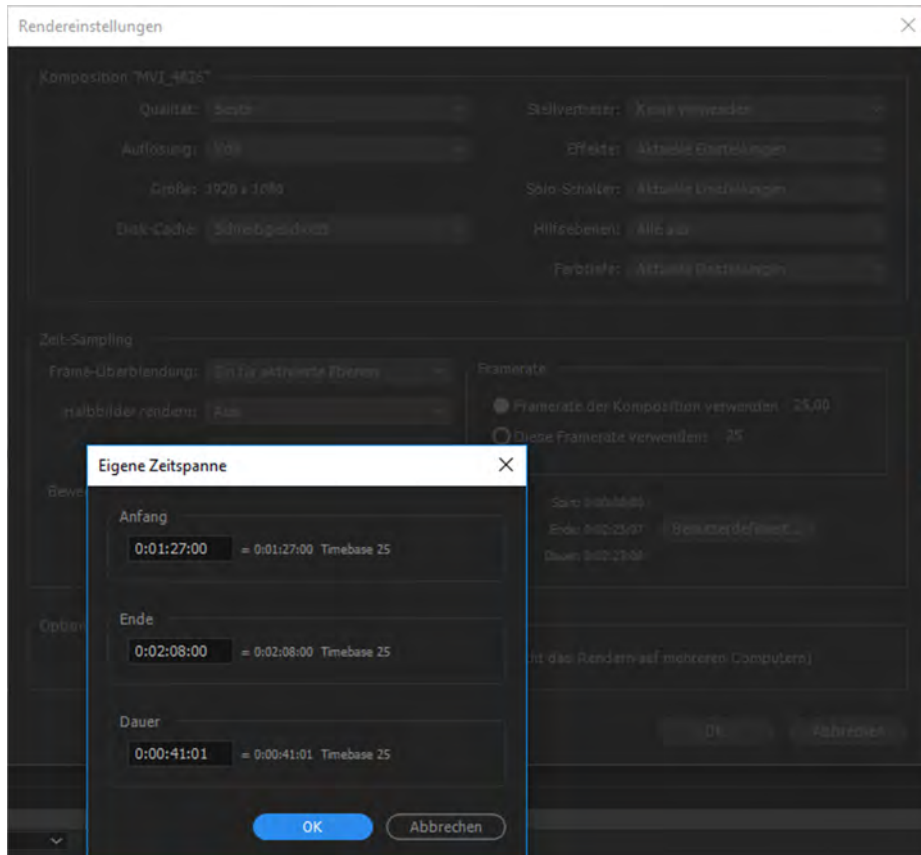


Abbildung 4.7 Eingrenzung des zu rendernden Bereichs

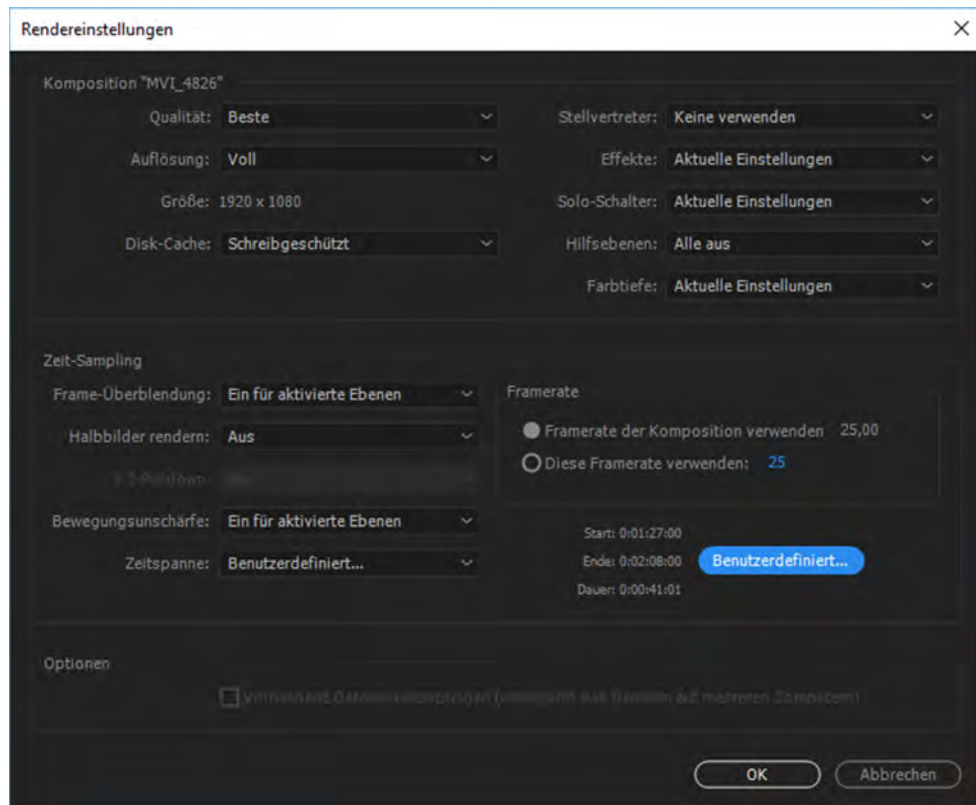


Abbildung 4.8 Angepasste Rendereinstellungen

Als nächstes werden die Einstellungen für das Ausgabemodul (wieder unten links in der Renderliste, siehe Abbildung 4.5) vorgenommen. Durch Auswahl öffnet sich folgendes Fenster.

Hier wird das gewünschte Format (hier OpenEXR dargestellt) und dargestellte Einstellungen für die Videoausgabe ausgewählt. Für die vom Verfasser verwendete PNG-Sequenz wird hier als Format entsprechend PNG ausgewählt. Für die Formatoptionen für das OpenEXR-Format ist die Zip-Kompression zu wählen. Eine Einstellung dort „ohne Kompression“ führt in NUKE dazu, dass die Bildsequenz nicht geladen wird und eine Fehlermeldung angezeigt wird.

„Größe“ und „Beschneiden“ werden hier nicht verändert. Mit „OK“ werden die Einstellungen bestätigt und übernommen.

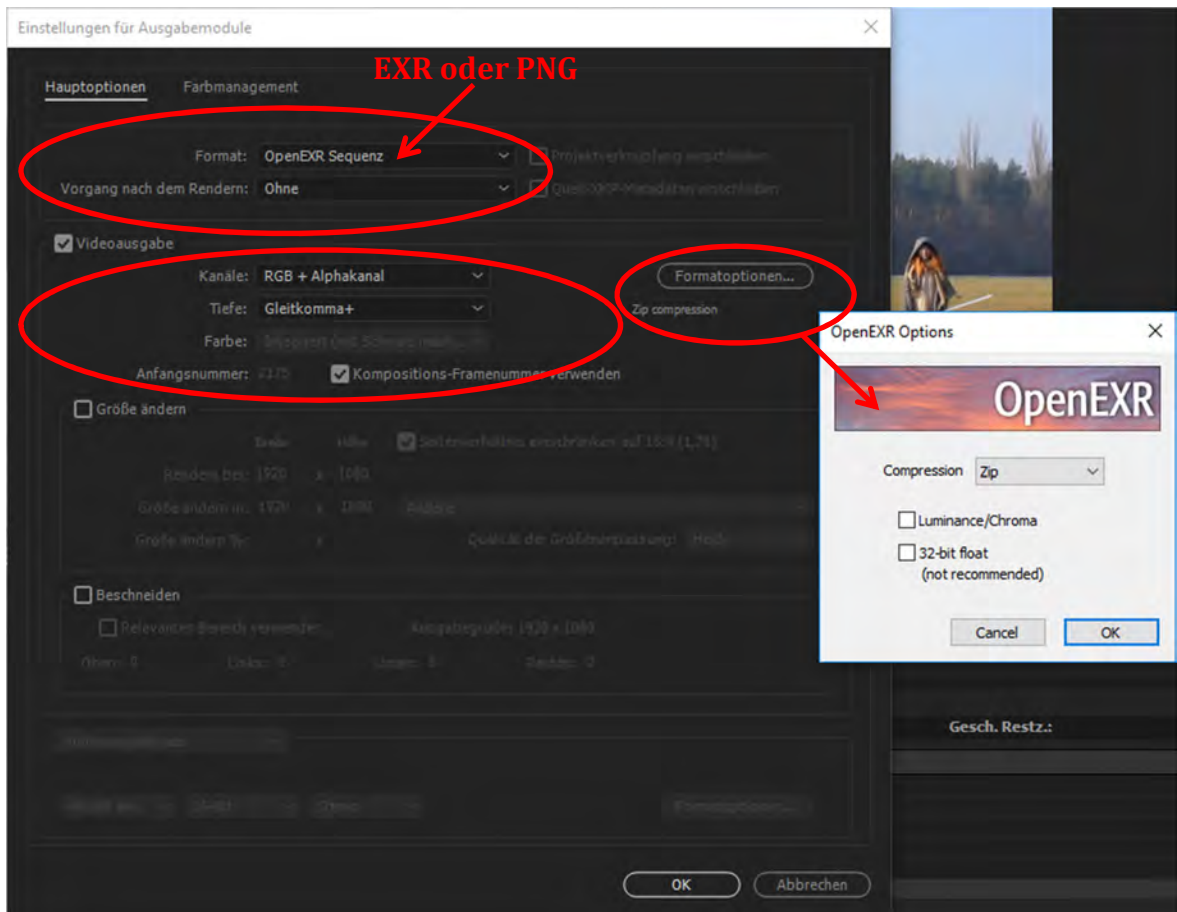


Abbildung 4.9 Einstellungen für Ausgabemodule

Nun wird „Speichern unter“ (wieder unten links in der Renderliste, siehe Abbildung 4.5) angeklickt und der gewünschte Ausgabepfad festgelegt.

Nachdem die Einstellungen gemacht wurden, wird auf „Rendern“ geklickt.

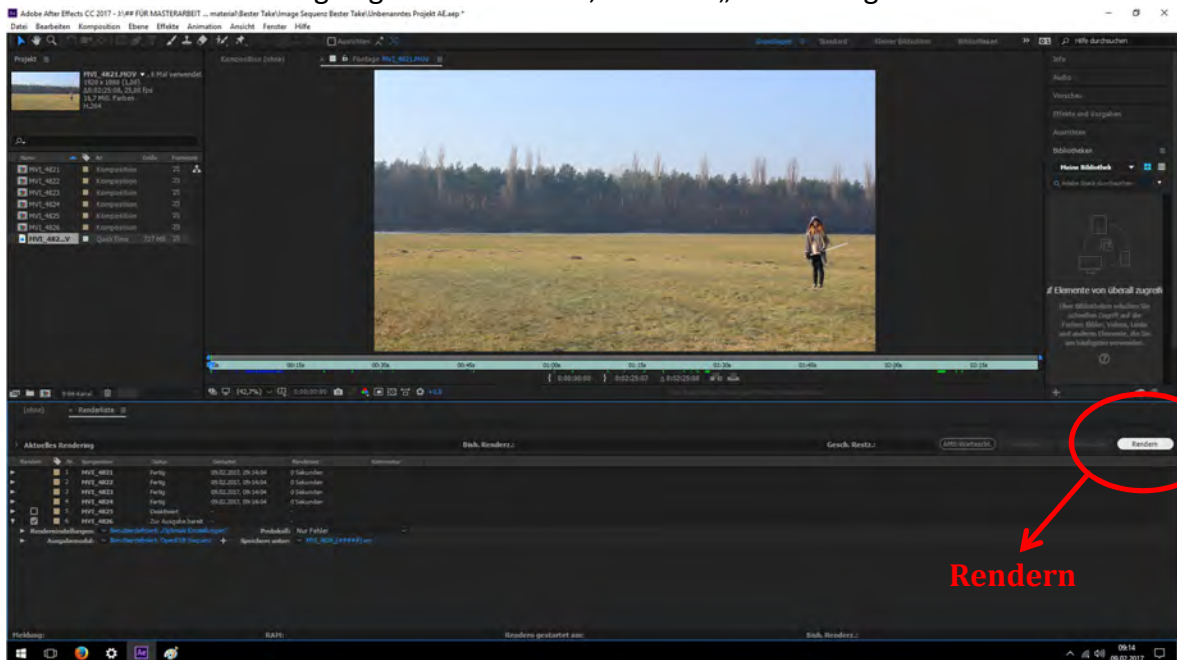


Abbildung 4.10 Rendern des Videos

Dadurch, dass das aufgenommene Video eine Farbtiefe von 8Bit hat und eine EXR-Datei 32Bit aufweist erscheint folgende Meldung, welche einfach mit „OK“ bestätigt werden braucht. Beim Rendern in eine PNG-Sequenz erscheint diese Meldung nicht. Anschließend erfolgt die Ausgabe (Rendering, Konvertierung) in die eingestellte Bildsequenz.

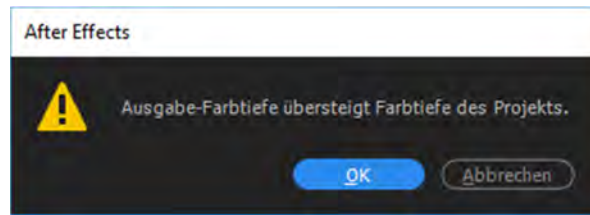


Abbildung 4.11 Meldung Farbtiefe

4.2 Erstellung des Clips in NUKE

Hier wird mit NUKE Studio (umfangreichstes NUKE-Softwarepaket) in der non-commercial Lizenz (Version 10.5v1) gearbeitet. Natürlich kann auch mit NUKE oder NUKE X gearbeitet werden und auch in NUKE Studio kann auf die Ansicht wie in NUKE X („Workspace Compositing“) gewechselt werden.

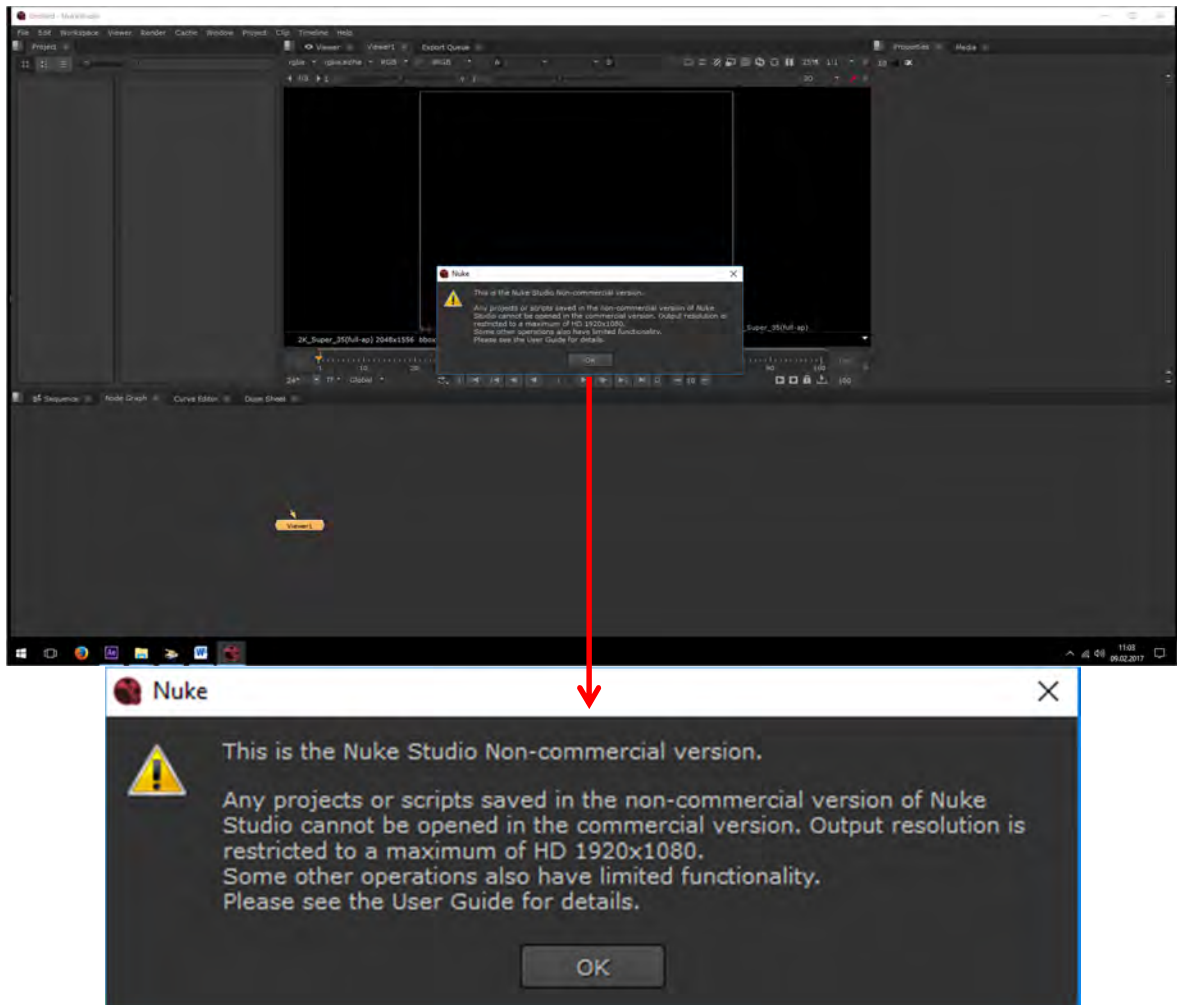


Abbildung 4.12 NUKE Studio nach dem Start und Hinweis

Nach dem Bestätigen dieses Hinweises (Limitierung der Non-commercial Version) öffnet sich ein Fenster, in dem gespeicherte Projekte geladen werden können oder ein neues Projekt erstellt werden kann.

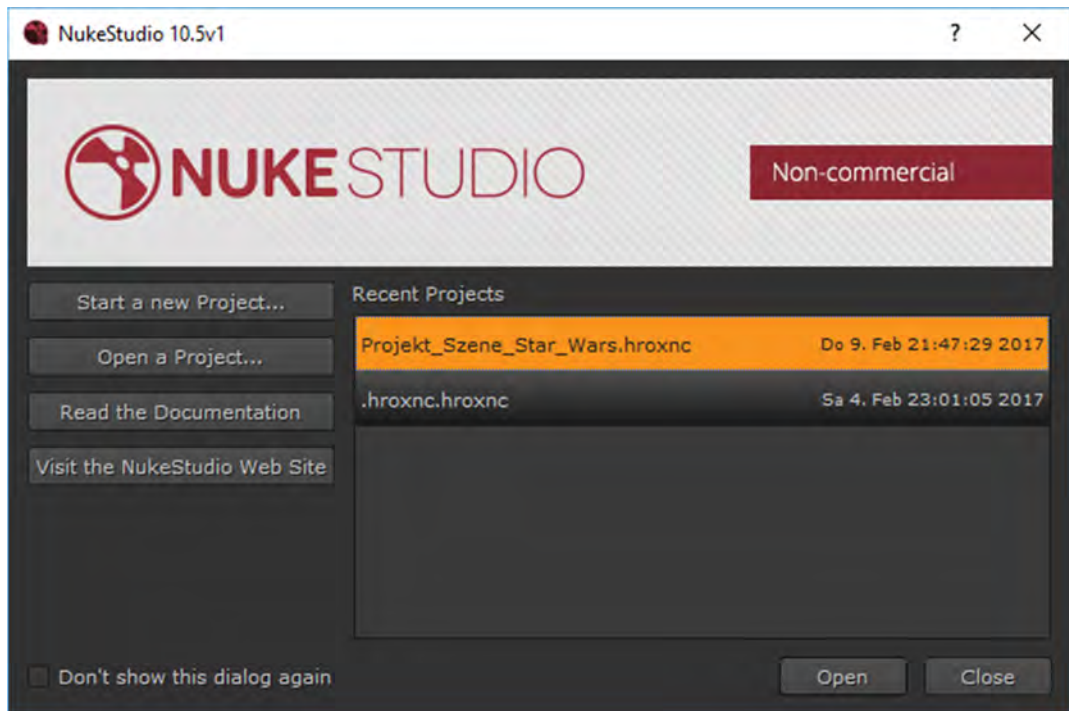


Abbildung 4.13 NUKE Studio nach dem Start und Hinweis

Wenn ein neues Projekt gestartet wird, gelangt man zum Hauptfenster von NUKE Studio.

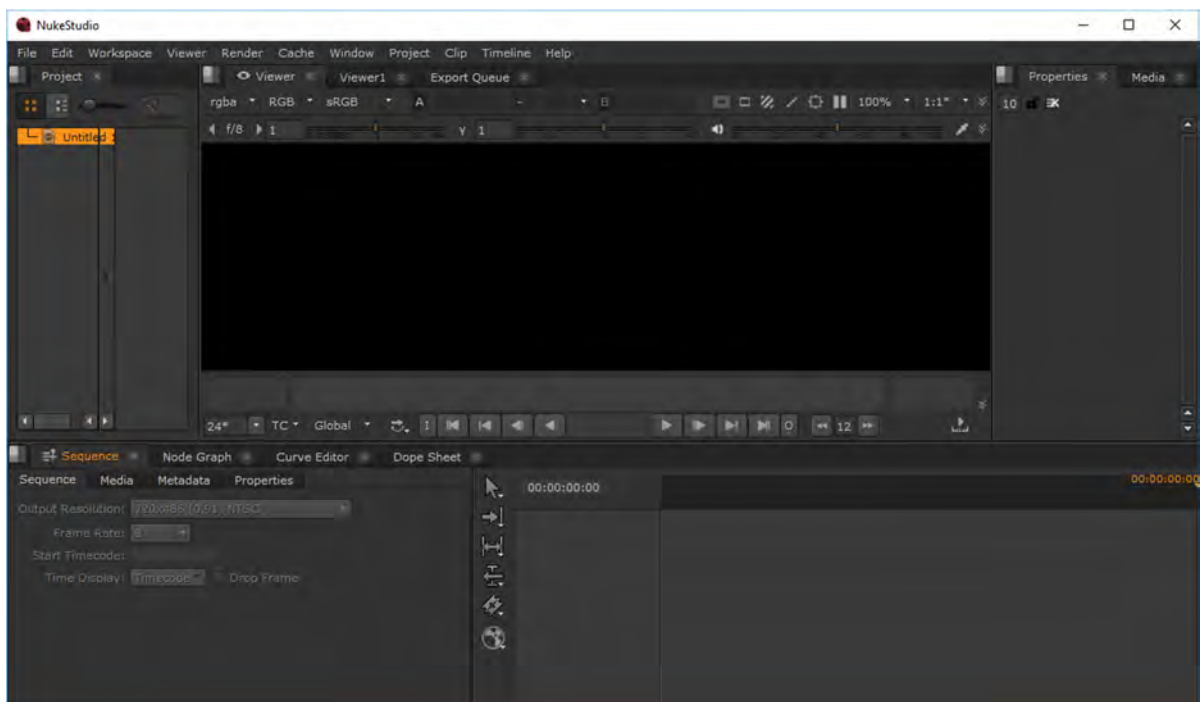


Abbildung 4.14 NUKE Studio Hauptfenster

In diesem Hauptfenster sind (wie zuvor aufgezeigt) diverse Projekteinstellungen vorzunehmen.

Zuerst wird (und sollte man) die Project Settings anpassen. Hierfür drückt man in dem Feld „Properties“ die Taste „s“, welche die Project Settings aufruft.

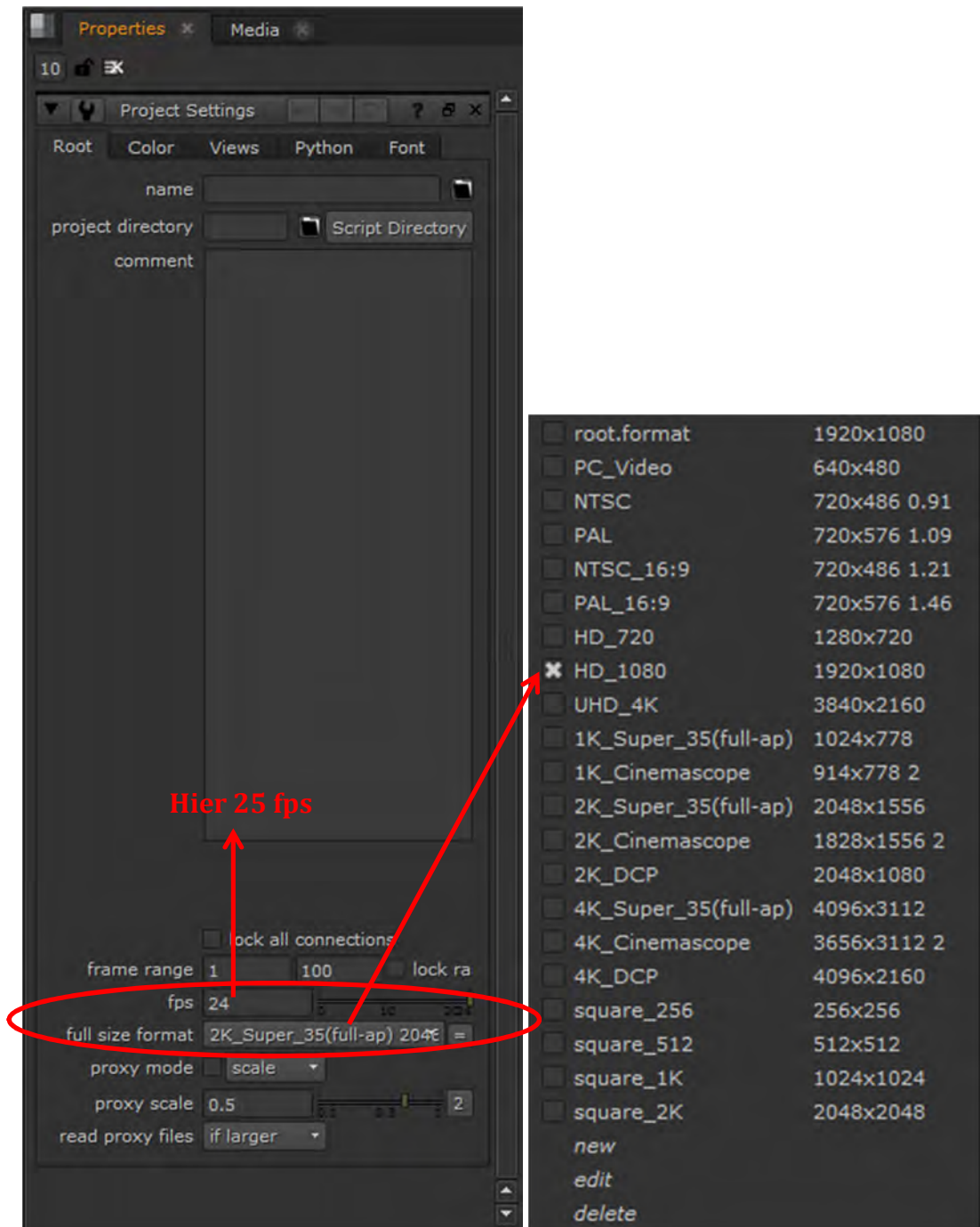


Abbildung 4.15 Project Settings

Hier werden entsprechend des gewünschten Ausgabeformats (natürlich abhängig vom Eingangsmaterial, hier Full HD und 25 fps) die Framerate und die Fenstergröße ausgewählt.

Somit sind die Einstellungen dort wie folgt.

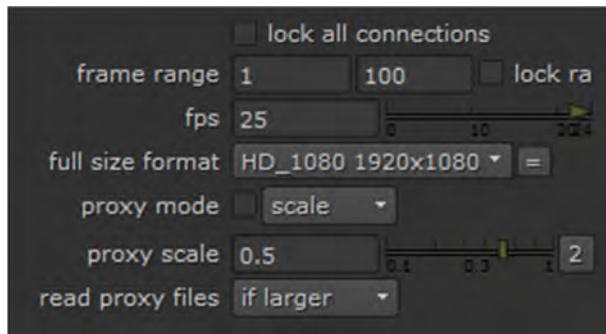


Abbildung 4.16 Angepasste Project Settings

Um erst einmal überhaupt dieses angefangene Projekt zu speichern, klickt man auf „File → Save Project As ...“ und vergibt einen sinnvollen Namen und Speicherort.

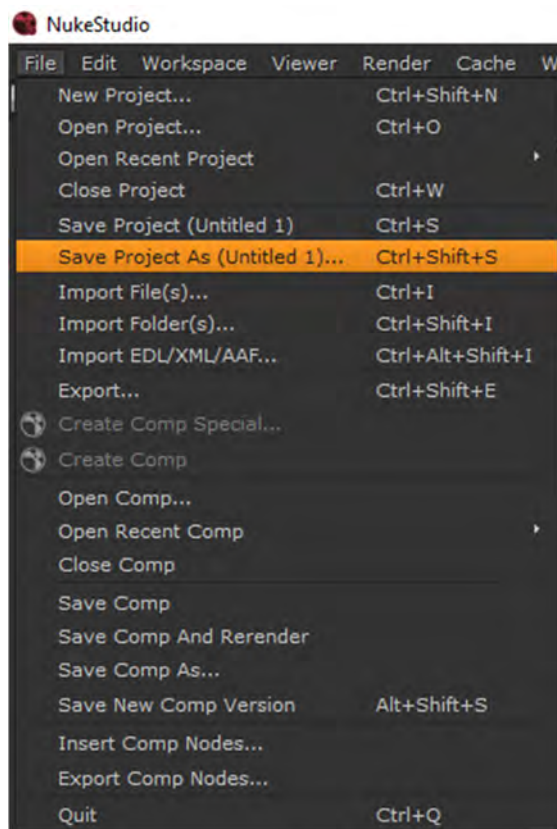


Abbildung 4.17 Project speichern

Nun wird zunächst der Clip (Hintergrund) als Bildsequenz in NUKE importiert. Hierfür geht man auf „File → Import File(s)“ und wählt in dem sich öffnenden Fenster die gewünschte Bildsequenz (oder auch ein einzelnes Bild, Container etc.) aus und bestätigt mit „Open“.

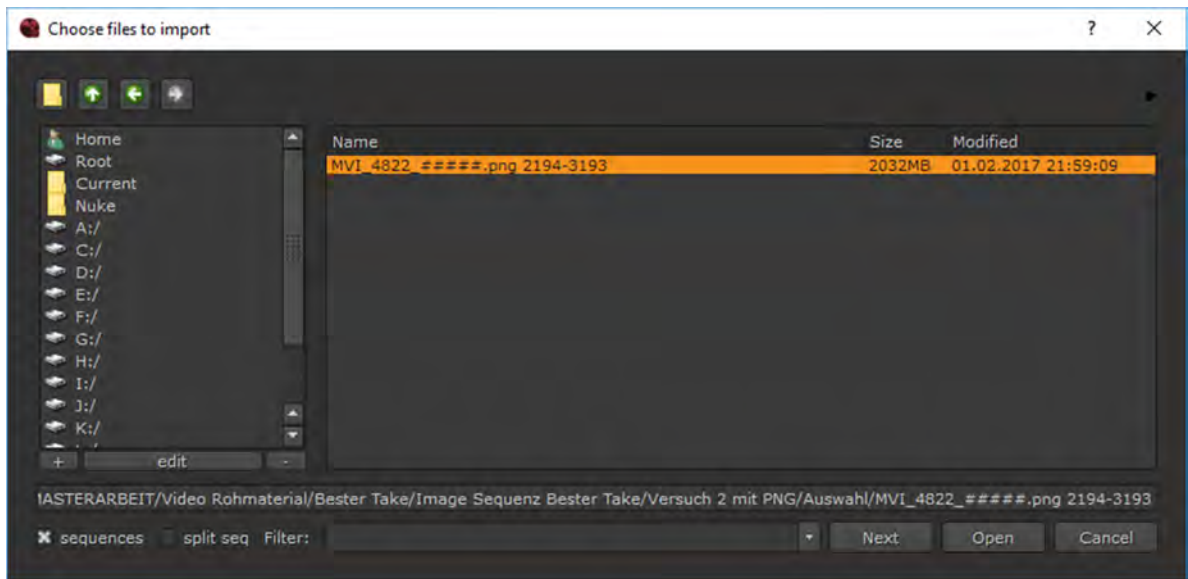


Abbildung 4.18 Import File(s)

Daraufhin ist die importierte Bildsequenz in der linken oberen Hälfte zu sehen (und alle folgenden Elemente sind dann dort auch ersichtlich). Jedoch ist wie in der nächsten Abbildung markiert, nicht die korrekte Frame-Rate eingestellt, welche dann händisch in die aufgenommenen 25fps geändert wird.

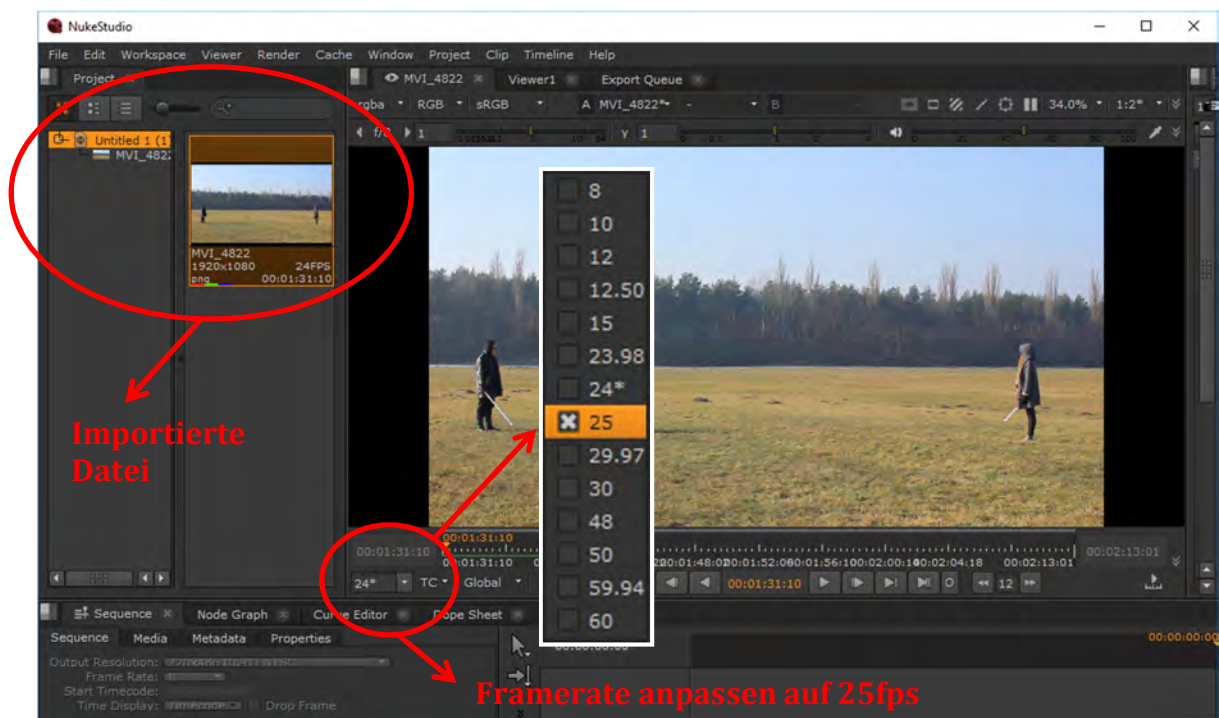


Abbildung 4.19 Framerate des importierten Clips (Bildsequenz) anpassen

Nun wird der Clip in den „Node Graph“ gezogen, um ihn dort nutzen zu können.

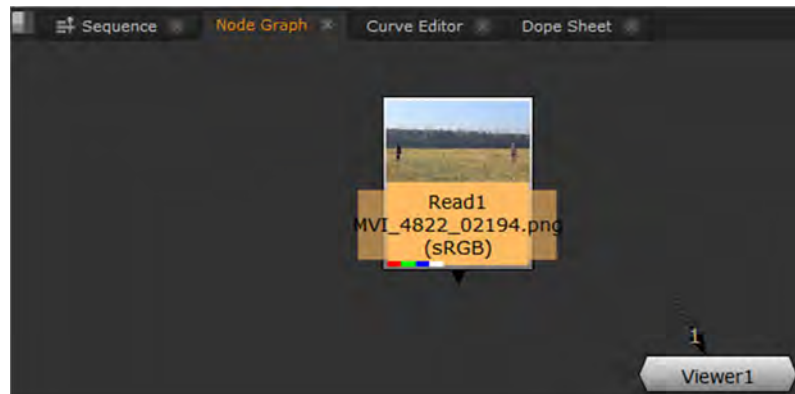


Abbildung 4.20 Clip (Bildsequenz) im Node Graph

Hier sollte man einmal die Composition speichern. Dieses erfolgt so: „File → Save Comp As...“. Auch hier sollte ein sinnvoller Name und Speicherort gewählt werden.

Als nächstes wird der in den Node Graph gezogene Clip (Bildsequenz) mit dem Viewer verbunden, um ihn abspielen zu können. Entweder zieht man mit gedrückter Maustaste den gestrichelten Pfeil vom Viewer zum Clip oder wählt den Clip aus und drückt „1“.

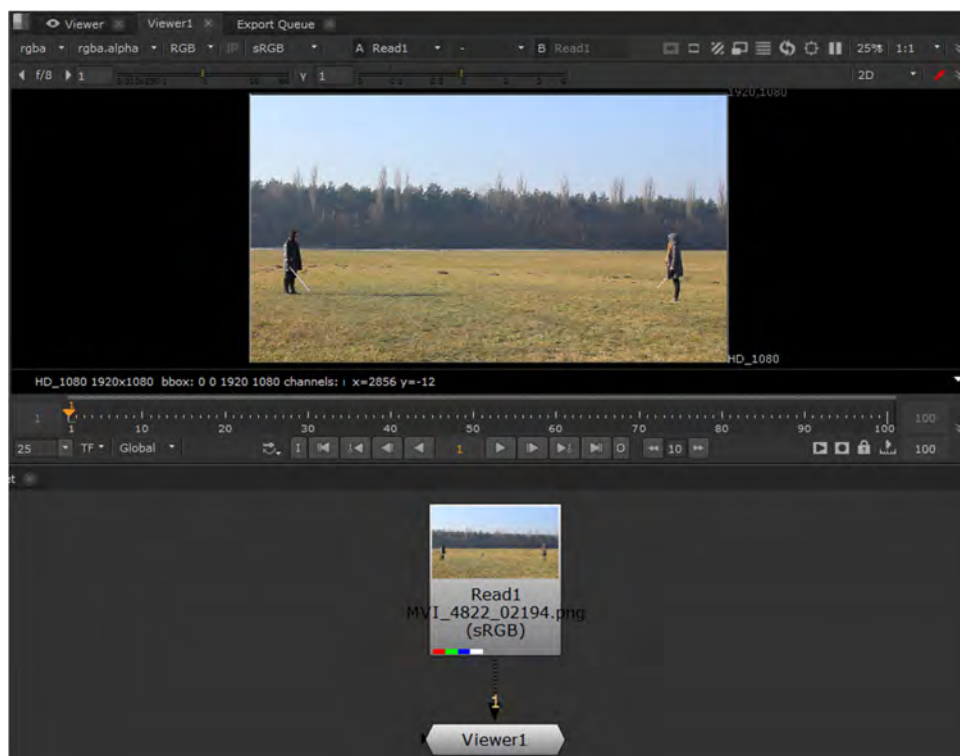


Abbildung 4.21 Clip (Bildsequenz) im Node Graph verbunden mit dem Viewer

Grundsätzlich ist es empfehlenswert die Hintergrundsequenz (und alle anderen hinzugefügten Sequenzen und Videocontainer) nicht mit Frame „1“ starten zu lassen, sondern mit Frame „1001“. Das hat den Hintergrund, dass wenn der Bearbeiter im Laufe der Erstellung des Compositings doch noch etwas zeitlich vor dem Clip einbauen möchte, nicht alle Nodes, bei denen Keyframes gesetzt wurden, angepasst werden müssen.

Für die weitere Bearbeitung werden Elemente und Nodes im Node Graph eingefügt und dann wie eine Baumstruktur (Node Tree) aufgebaut und sinnvoll miteinander verbunden. Der Hauptstrang wird auch „Main Pipe“ genannt.

Grundsätzlich sollte auf eine passende Reihenfolge beim Hinzufügen von Layern (Ebenen) geachtet werden, sprich jedes Element (egal wie angepasst) wird mit einer Merge-Node (mit der jeweiligen Verknüpfungsmethode, Operator) mit der Main Pipe verbunden. Wird nun ein Layer hinzugefügt und in den Node Tree eingebunden, so befindet sich dieser Layer vor dem Hintergrund (Clip).

Um entsprechende Ebenen und somit Nodes einzufügen, ist die NUKE X-Ansicht (Workspace „Compositing“) empfehlenswert, da man dort auf der linken Seite (ähnlich wie bei Bildbearbeitungsprogrammen) die Werkzeuge (Nodes) angezeigt bekommt. Die Ansicht kann geändert werden, indem man oben links auf „Workspace“ klickt und „Compositing“ auswählt.

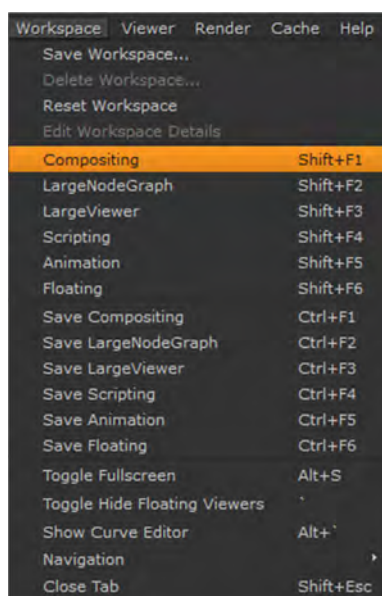


Abbildung 4.22 NUKE Ansicht (Workspace) ändern

Zur besseren Übersicht, sollte der Node Tree auch sinnvoll organisiert werden, damit ggf. auch andere Bearbeiter sich schnell einen Überblick verschaffen und am Projekt mit oder weiterarbeiten können. Dafür kann man alle hinzugefügten Nodes rechts oder links vom Node Tree positionieren und dann in Gruppen räumlich zusammenfassen. Die Übersicht kann weiter gesteigert werden, wenn zu einem Layer (Element mit seinen Nodes) eine Backdrop-Node hinzugefügt wird. Diese zieht einen farblichen Rahmen um die ausgewählte Node-Gruppe und ist dann auch mit den darin befindlichen Nodes verschiebbar. Bei diesem farbigen Rahmen kann die Farbe angepasst und ein Name vergeben werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Backdrop-Node im Node Tree.

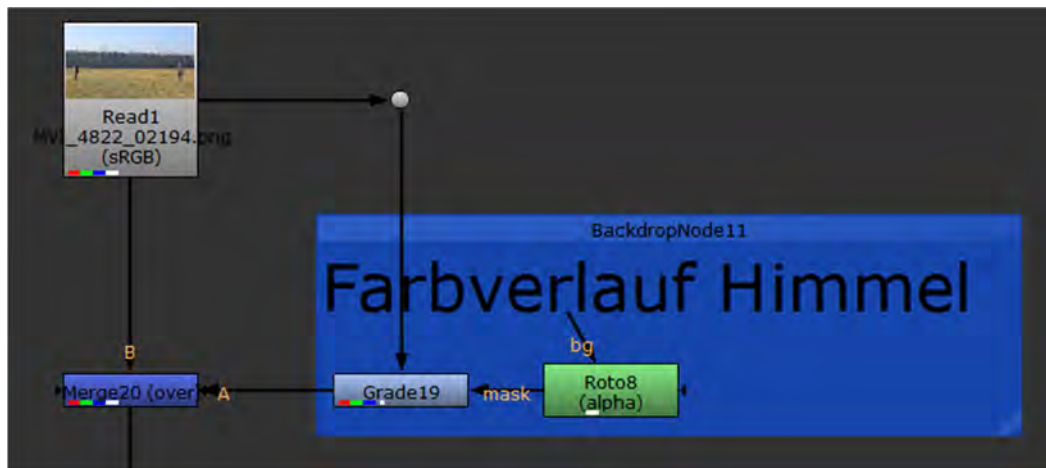


Abbildung 4.23 Beispiel Steigerung der Übersichtlichkeit mit der Backdrop-Node

4.2.1 Zu beachtende Punkte

Wie in Kapitel 2.3 beschrieben wurde, gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Aspekten, die es zu bedenken und miteinzubeziehen gilt. Diese werden hier in aller Kürze zusammengefasst dargestellt.

Perspektive

Die Perspektive sollte für alle Ebenen gleich sein, eventuelle Abweichungen sollten ausgeglichen werden.

Größenverhältnisse

Für ein Composite müssen eingefügte Elemente oft in der Größe angepasst werden, ohne dass eine entsprechende Referenz für das Größenverhältnis im Bild enthalten ist. So obliegt die Beurteilung, ob die Größenrelationen den Anforderungen von Fotorealismus entsprechen, beim Bearbeiter.

Die Beleuchtung

Die Beleuchtung der verschiedenen Ebenen muss angepasst bzw. aneinander angeglichen werden. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass das Licht für alle Elemente aus derselben Richtung kommt, die Qualität (weich/hart) des Lichts für alle betroffenen Ebenen gleich ist und eine eventuelle interaktive Beleuchtung berücksichtigt und gegebenenfalls entsprechend animiert wurde.

Tonalität

Bei der Tonalität der Ebenen sollte beachtet werden, dass der Schwarz- und Weißpunkt für die betroffenen Ebenen angeglichen wird und die Gammawerte für die betroffenen Ebenen angepasst werden.

Farbe

In Bezug auf die Farbgebung der Ebenen sollte darauf geachtet werden, dass der Schwarz- und Weißpunkt zwischen entsprechenden Ebenen abgestimmt ist, die Overall-Farbe für alle Ebenen gleich ist, die Hauttöne den richtigen Farbton haben und abgestimmt sind und die Farbe der Glanzlichter richtig angepasst ist.

Kamerafokus und Schärfe

Die Qualität der Detailwiedergabe soll im Vordergrund sowie im Hintergrund abgestimmt sein. Alle Elemente sollten entsprechende Schärfe im Verhältnis zueinander haben, die dem Abbildungsverhalten des eventuell verwendeten realen Objektivs entspricht oder entsprechen könnte, ohne dass Artefakte entstehen. Eine Kamera-Unschärfe besitzt

entsprechende Attribute, die für ein fotorealistisches Composite unbedingt simuliert werden müssen. Das Bokeh des Objektivs darf sich nicht erkennbar für die einzelnen Ebenen unterscheiden. Soll im resultierenden Composite der Kamerafokus animiert werden, so muss das Timing stimmen.

Tiefenschärfe und Kantenschärfe

Die Tiefenschärfe muss für alle Bildelemente glaubwürdig dargestellt sein. Die Schärfe fällt gleichermaßen nach vorne und nach hinten ab. Ebenen auf derselben Tiefenposition in Relation zur Kamera sollten insbesondere über dieselbe Kantenschärfe verfügen, es sei denn es liegt eine partielle Unterbelichtung (die zu Unschärfe führt) vor.

Einstrahlungen

Die erforderlichen Einstrahlungen sollten im Composite enthalten sein, die Blendenflecke sollten dem simulierten oder real verwendeten Objektiv entsprechen und sich auch bei einer teilweisen Verdeckung der Lichtquelle glaubwürdig verhalten.

Schatten

In Bezug auf die Schatten der Bildelemente ist zu beachten, dass die künstlichen Schatten den realen Schatten nachempfunden werden, die richtige Schwärzung besitzen sowie einen Verlauf aufweisen müssen. Auch sollte beachtet werden, dass die Oberfläche, auf die die Schatten fallen, angepasst sein und über die richtigen Kanteneigenschaften verfügen muss.

Atmosphäre

Alle erforderlichen atmosphärischen Effekte wie Dunst und Nebel oder Lichtstreuung durch Partikel sollten in den eingefügten Elementen nachempfunden werden und aufeinander in Farbton, Sättigung und Dichte abgestimmt sein.

Bewegungsunschärfe

Bewegte Bildelemente sollten die erforderliche Bewegungsunschärfe in einem überzeugenden Maß aufweisen.

Korn

Alle Ebenen im Compositing sollten dasselbe Korn enthalten.

Reflektionen

Alle reflektierenden Oberflächen sollten glaubwürdige Reflektionen besitzen. [DUM10]

4.2.2 Bearbeiten des Clips (Hintergrund/Bildsequenz)

In diesem Projekt wird nun ein Rauschfilter (Node: Denoise) hinzugefügt. Dieses kann auf zwei Wegen erfolgen. Einerseits kann man über die Nodes-Leiste die Node-Gruppe und dann die gewünschte Node auswählen, welche dann im Node Graph erscheint und dann nur noch mit den anderen Elementen und/oder Nodes verbunden werden muss.

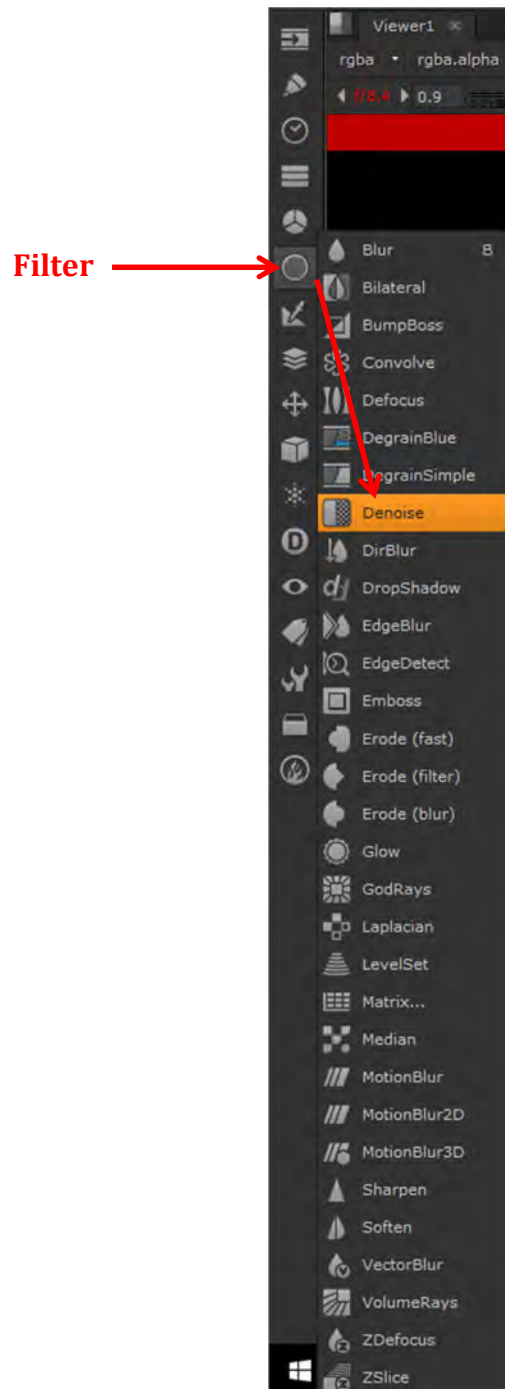


Abbildung 4.24 Node-Auswahl – Möglichkeit 1

Andererseits kann man (wenn man weiß, welche Node man einfügen will), wenn man im Node Graph die „TAB-Taste“ drückt, dort den Node-Namen bzw. den Anfang des Node-Namens eingeben. Die Node wird dann angezeigt und kann angeklickt werden.

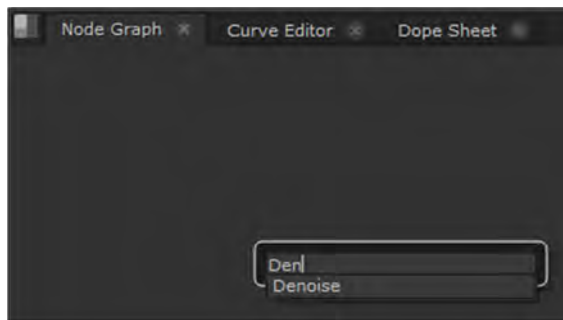


Abbildung 4.25 Node-Auswahl – Möglichkeit 2

Wurde nun die Node „Denoise“ im Node Graph eingefügt, wird diese mit dem Clip und dem Viewer verbunden. Entweder man löst nun die Verbindung zwischen dem Clip und dem Viewer und verbindet händisch die Pfeile mit der Denoise-Node oder man zieht die Node einfach zwischen Clip und Viewer und sie wird automatisch verbunden.

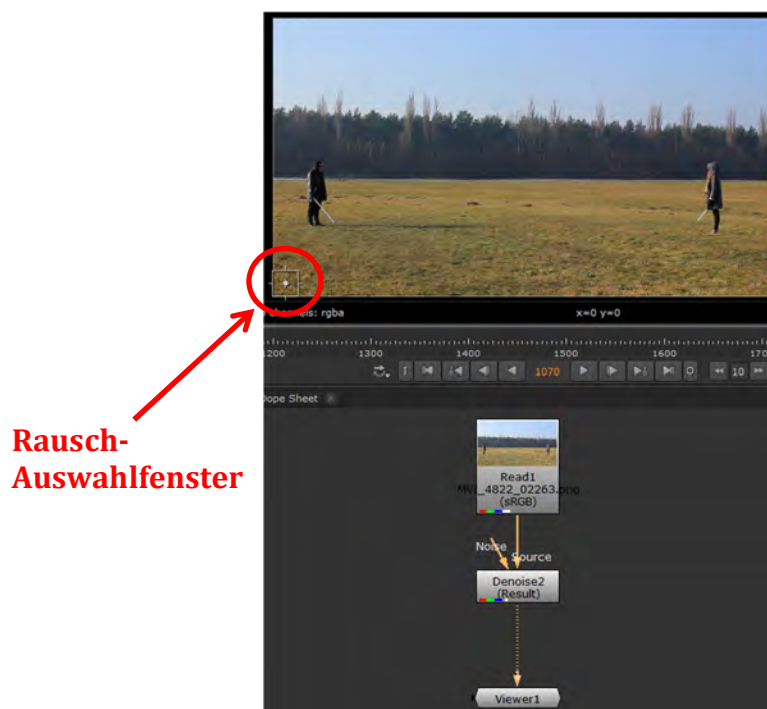


Abbildung 4.26 Node „Denoise“ im Node-Baum

Die Node „Denoise“ soll das Rauschen verringern. Dafür wird ein Auswahlfenster im Viewer angezeigt. Dieses kann verschoben und angepasst werden. Rauschen ist mehr in dunkleren Bereichen zu finden und somit sollte man dort einen entsprechenden Bereich auswählen und die Größe des „Rauschfensters“ sinnvoll einstellen. Hier kann probiert werden, welche Einstellung ein gutes Ergebnis liefert, da eine Anpassung direkt im Viewer zu sehen ist.

Auch sollten die Einstellungen der Node selber ggf. angepasst werden. Hier wurde „Denoise Amount“ (wie viel enträuscht werden soll) so angepasst, dass das Rauschen (das Korn) merklich reduziert wurde, aber nicht zu viele Details dadurch verloren gehen (0 = keine Rauschreduzierung, 1= Default-Einstellung und gewählte Einstellung hier).

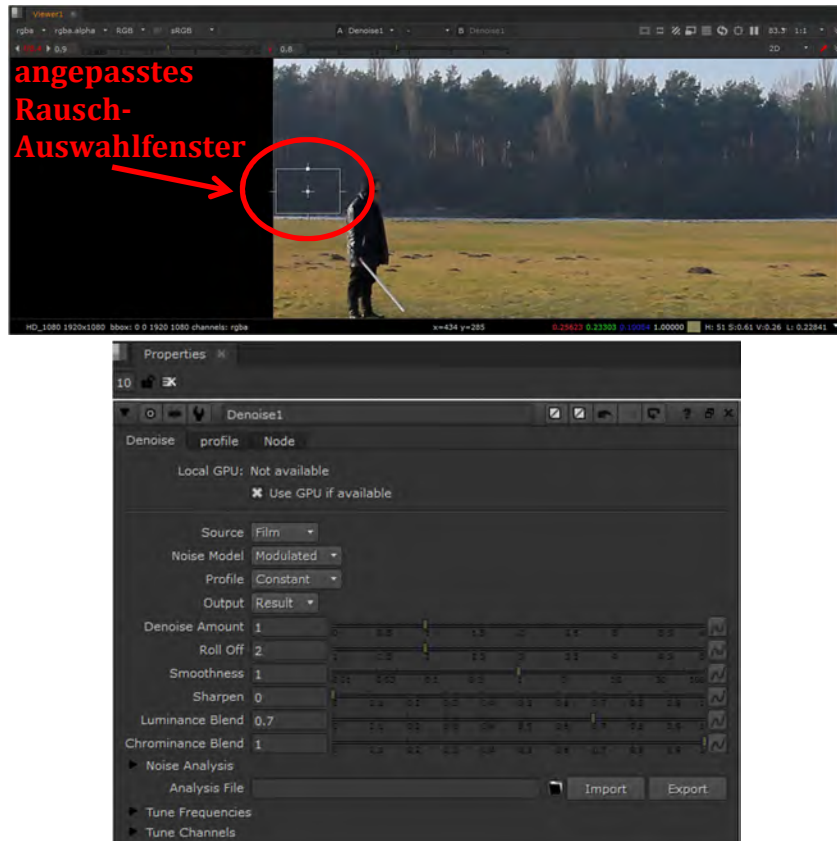


Abbildung 4.27 Node „Denoise“ Rausch-Auswahl-Fenster und angepasste Einstellungen

Um kontrollieren zu können, welche Wirkung eine entsprechende Node nun effektiv hat, bzw. um diese mit dem Original zu vergleichen, kann man die Node deaktivieren und wieder aktivieren. Hierfür wählt man die entsprechende Node aus und drückt „d“. Wenn sie durchgestrichen ist, ist sie deaktiviert und drückt erneut „d“ um sie wieder zu aktivieren. Im Viewer kann man dann die Änderungen gut sehen.

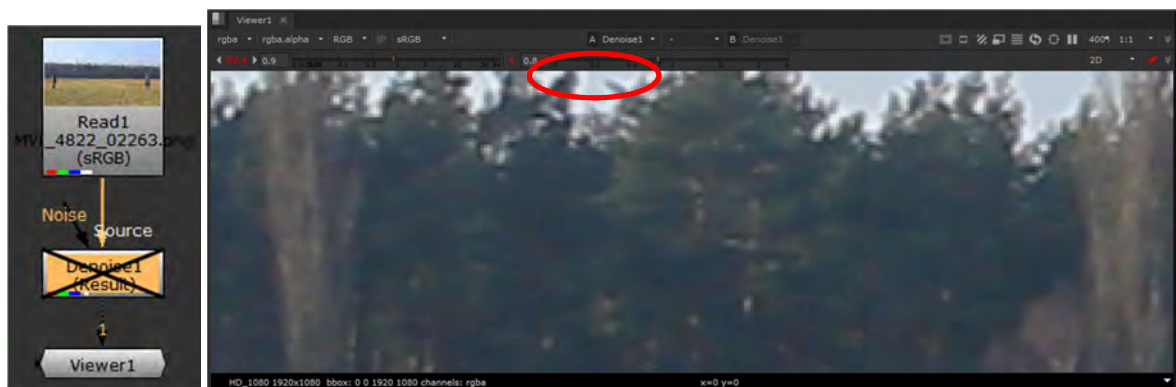


Abbildung 4.28 Node „Denoise“ deaktiviert

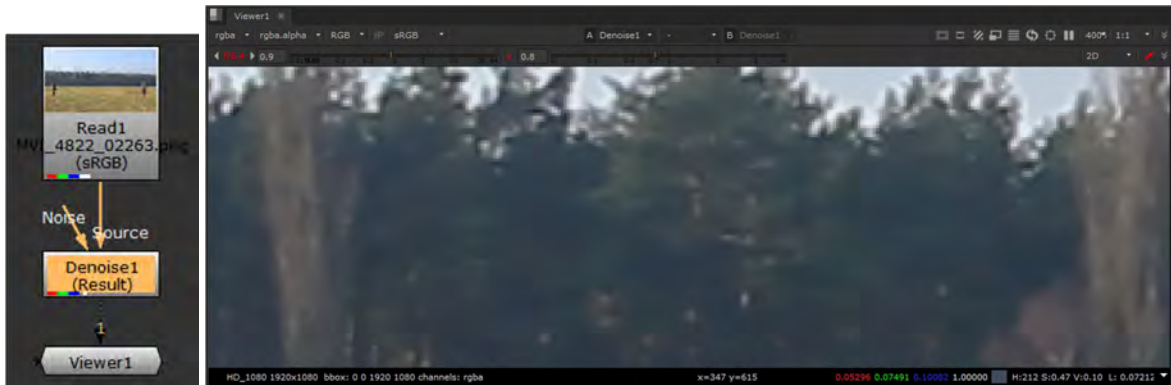


Abbildung 4.29 Node „Denoise“ aktiviert

Nachdem nun entrauscht wurde, wird die Sequenz nun etwas nachgeschärft. Die Node hierfür ist „Sharpen“ und ist unter der Rubrik „Filter“ zu finden.

Sie wird nach der Node „Denoise“ platziert und die Einstellungen so angepasst, wie es als angenehm empfunden wird und keine Artefakte o.ä. entstehen. Auch hier sollte anhand der diversen Einstellungen geschaut werden, welche Einstellungen zum gewünschten (Zwischen-) Ergebnis führen. Der Bearbeiter sollte hineinzoomen und das Bild nach Ausgabe in Bewegung auf Rauschen und Korn kontrollieren.

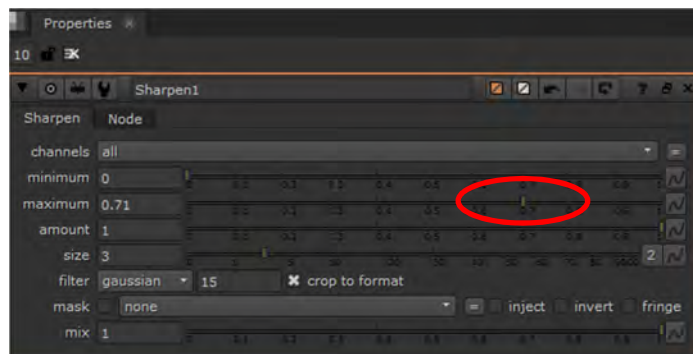


Abbildung 4.30 Node „Sharpen“ Einstellungen

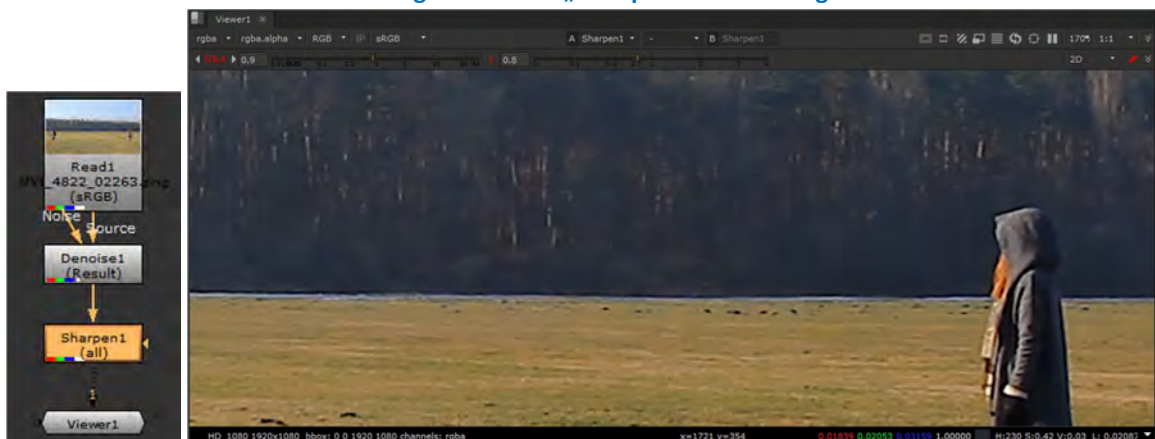


Abbildung 4.31 Node „Sharpen“ aktiviert

Auch hier kann man wieder die Wirkung der Node begutachten, indem man sie deaktiviert und wieder aktiviert. So ist ersichtlich, dass die Struktur im Hintergrund (Wald) deutlich schärfer ist, aber auch die der im Clip handelnden Personen.

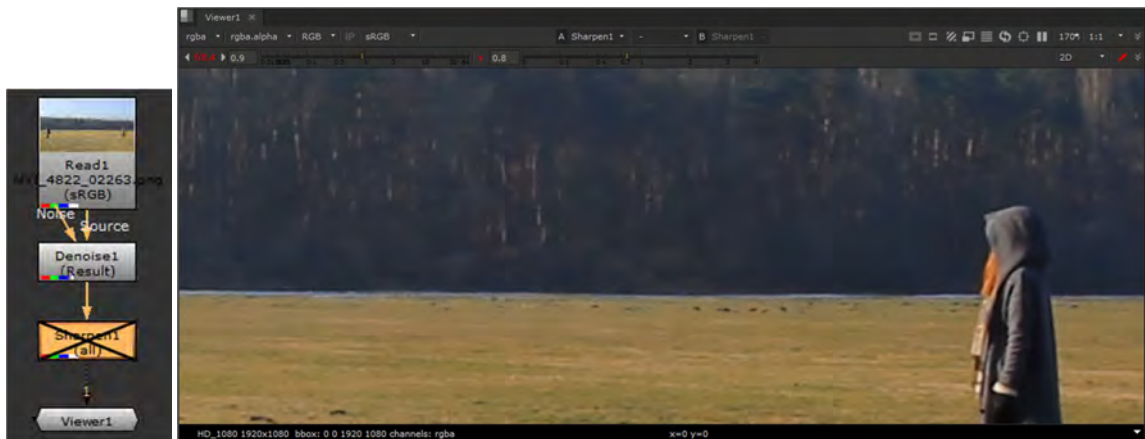


Abbildung 4.32 Node „Sharpen“ deaktiviert

Anschließend wird die Node „Grade“ eingefügt, um die Farben anzupassen. Zu finden ist diese Node in der Rubrik „Color“. Die getroffenen Einstellungen der Node, die Node im Node Tree und das Ergebnis der Anpassung im Viewer und der Vergleich mit deaktivierter Node sind in den folgenden Abbildungen ersichtlich.

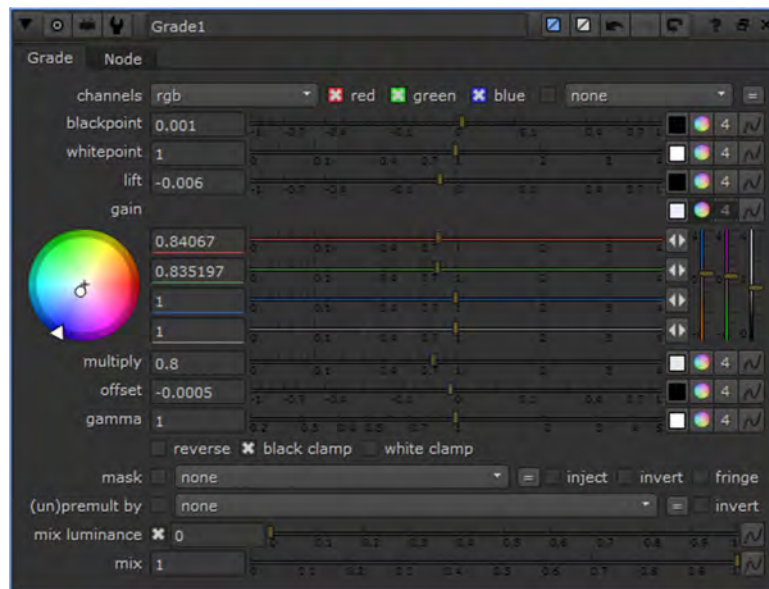


Abbildung 4.33 Node „Grade“ Einstellungen

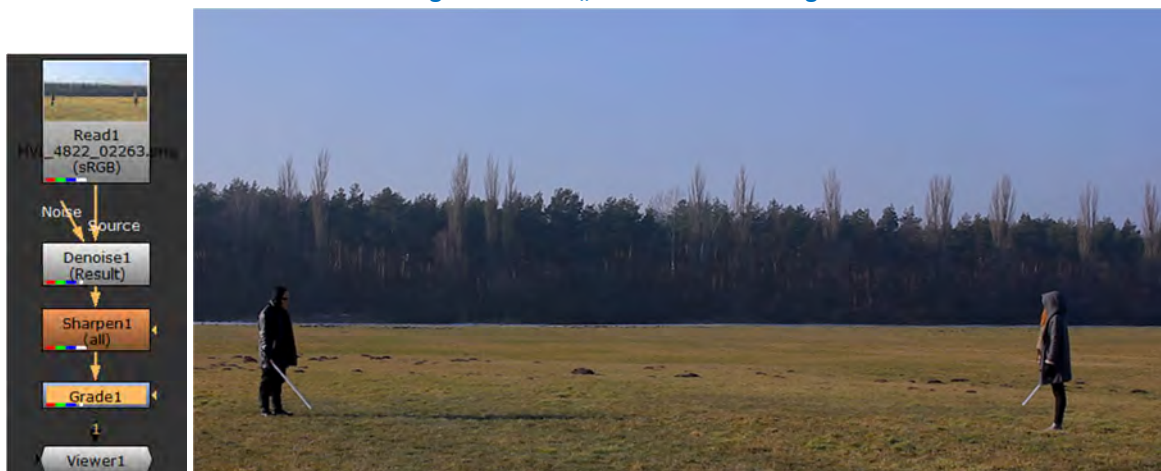


Abbildung 4.34 Node „Grade“ aktiviert



Abbildung 4.35 Node „Grade“ deaktiviert

Im nächsten Schritt wird die Sättigung des Clips etwas erhöht, damit die Farben kräftiger wirken. Die Node dafür nennt sich „Saturation“ in der Rubrik „Color“.

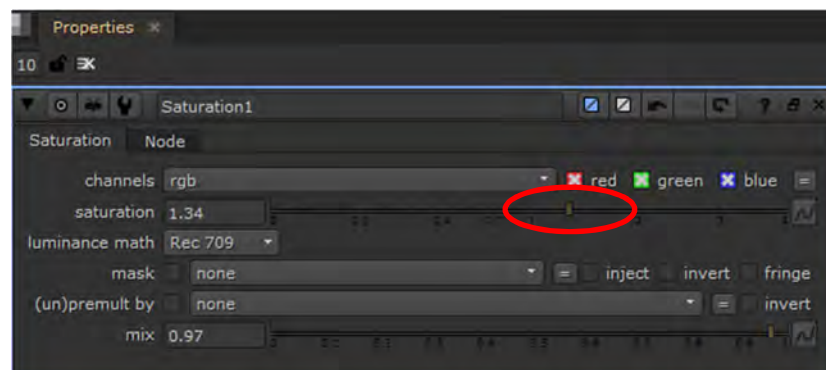


Abbildung 4.36 Node „Saturation“ Einstellungen



Abbildung 4.37 Node „Saturation“ aktiviert



Abbildung 4.38 Node „Saturation“ deaktiviert

Die Anpassungen für den Clip selber seien erstmal abgeschlossen. Diese Anpassungen werden zum Ende des Projekts am Ende der Main Pipe positioniert, damit diese Anpassungen (und somit auch die daraus resultierenden Anpassungen der Kanteneigenschaften) sich auch auf die anderen Ebenen auswirken und dadurch für alle Ebenen gelten, welches die Gesamtoptik abrundet. In den nächsten Schritten werden ein Planet, der „Todesstern“, ein sich bewegendes Sternzerstörer (Raumschiff), Rauchsäulen, futuristische Gebäude, eine „Energieaura“, eine Druckwelle und die Lichtschwerter erstellt und im Compositing implementiert.

4.2.3 Implementierung statischer Elemente im Compositing: hier Gebäude

Der nächste Schritt beinhaltet das Einfügen von futuristischen Gebäuden im Hintergrund (aus dem Wald heraus). Hierfür wurde ein lizenzfreies Modell²⁰⁶ verwendet, bzw. hier nicht das 3D-Modell selbst, sondern nur das Beispielbild (*.JPG). Es hat dadurch nur eine relativ geringe Auflösung, was aber nicht so relevant ist, da das Gebäude recht klein im Hintergrund platziert werden soll. Das Bild wurde vor dem Einfügen in NUKE im Programm Adobe Photoshop CC 2017 freigestellt (Hintergrund transparent gemacht). Dieses Element wird dann wie der Clip einfach in NUKE importiert und steht dann zur Verfügung.

Wie in den vorigen Abbildungen zu erkennen ist, war am Drehtag zwar klarer Himmel, jedoch befand sich Feuchtigkeit in der Luft, wodurch auch die Bäume im Hintergrund nicht ganz klar sind (so als wenn dünner Nebel davor wäre.). Dieses muss beim Einbetten der Gebäude beachtet werden und auch die Tatsache, dass diese sich noch weiter im Hintergrund befinden sollen (für den Betrachter den Anschein hat).



Abbildung 4.39 Element „futuristisches Gebäude“, links Original, rechts freigestellt

Das Gebäude mit dem transparenten Hintergrund wird nun in den Node Graph geschoben (Read-Node). Um dieses nun mit dem Node Tree zu verbinden, benötigt man eine Node namens „Merge“. Mit dieser Node kann man verschiedene Elemente miteinander auf unterschiedliche Weise (verschiedene Verknüpfungsmethoden/Operatoren) verknüpfen. Im Default wird hier der „Over-Operator“ genutzt, welche sich wie folgt darstellt.

²⁰⁶ <http://www.cadnav.com/3d-models/model-37128.html>

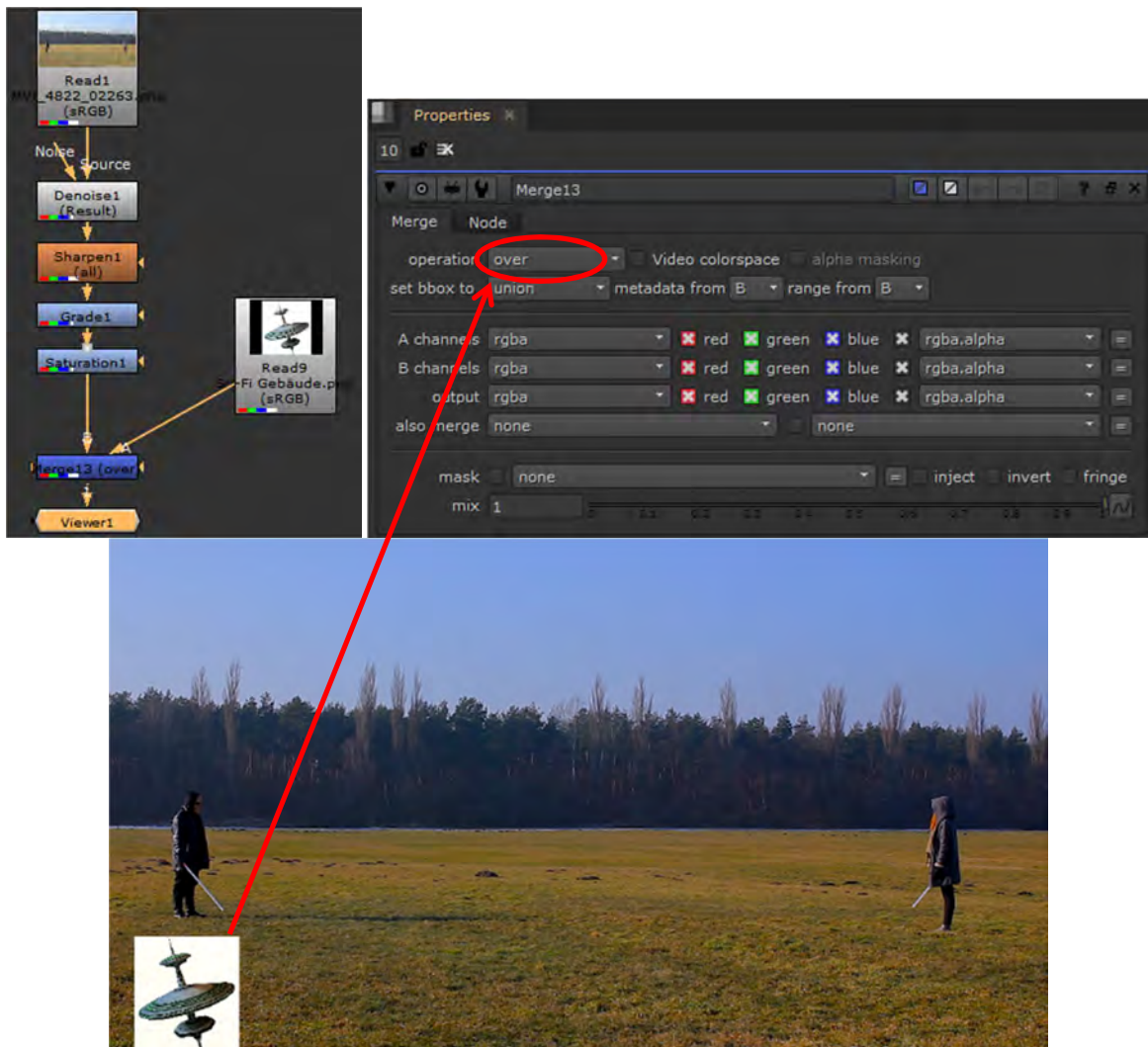


Abbildung 4.40 Element Gebäude im Node Tree, Einstellungen der Merge-Node und Darstellung im Viewer

Wie erkennbar ist, sind hier noch einige Anpassungen vorzunehmen. Angefangen mit der richtigen Verknüpfungsmethode bzw. einer Trennung des Alpha-Kanals des Bildes vom RGB-Teil bzw. den RGB-Kanälen (damit der transparente Hintergrund des Elements auch wirklich transparent dargestellt wird) und weiter mit der gewünschten Position, Größe und korrekten Ausrichtung (Rotation). Abschließend optische Anpassungen, um das Gebäude realistisch in das Compositing einzubetten.

Zum Aufteilen der Kanäle wird die Node „ShuffleCopy“ verwendet. Eingang 1 dieser Node liefert den Alpha-Kanal, der Eingang 2 ist der RGB-Teil, welcher mit einer Grade-Node farblich angepasst wird, damit sich das Element in das Compositing einfügt. Hier wird der Schwarzwert (offset) angehoben, da weit entfernte Objekte an Schwärze verlieren, je weiter sie entfernt sind und auch der Weißwert (gain) verändert sich und wird somit mehr in Richtung Grau verschoben (gain wird abgesenkt). Der Ausgang muss nun vormultipliziert (Node „Premult“) werden (Default-Einstellungen), um das Element nun korrekt freizustellen.

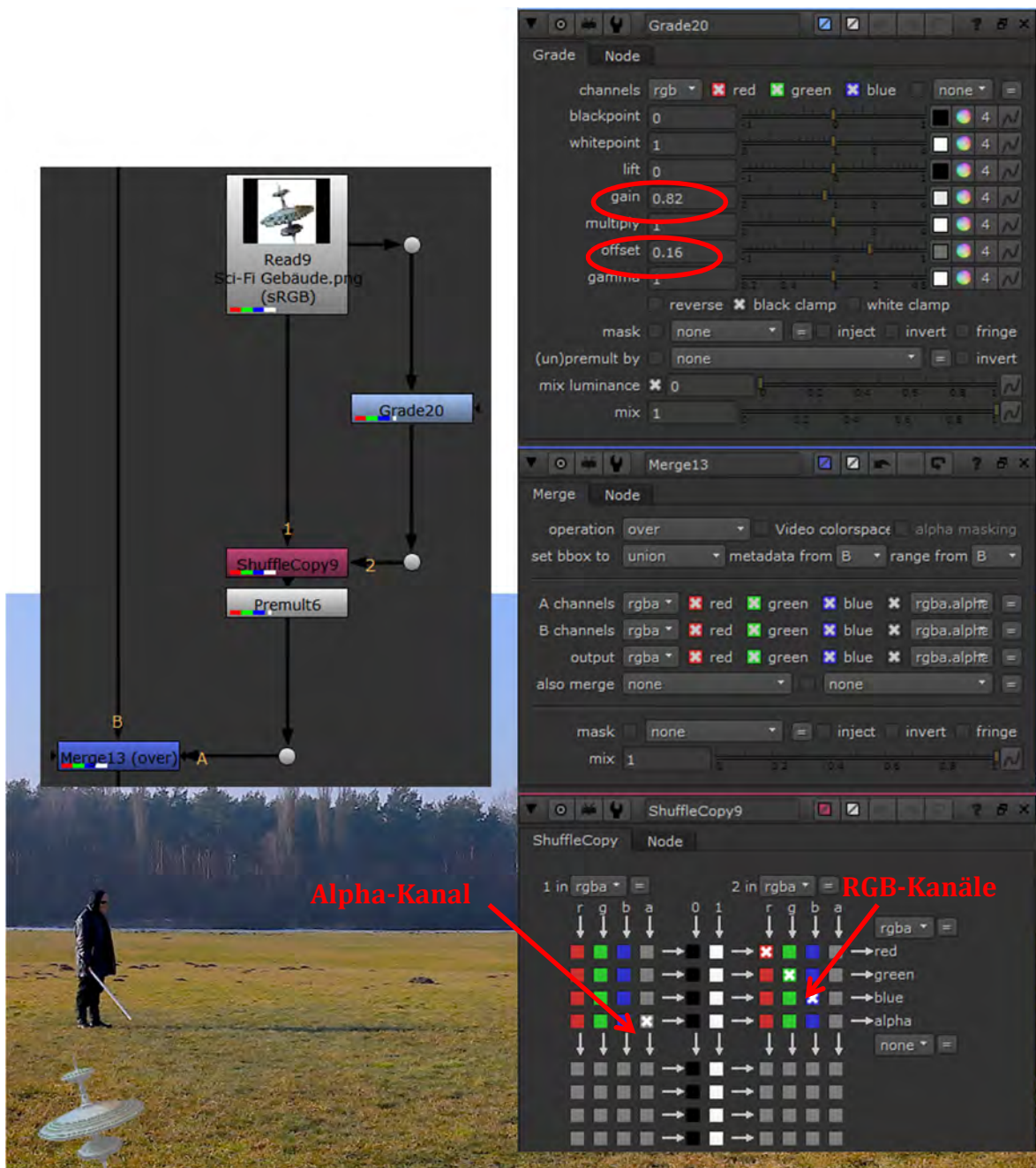


Abbildung 4.41 Element Gebäude im Node Tree, Einstellungen der Nodes und Darstellung im Viewer

Nun wird zwischen der Read-Node (Gebäude) und der Merge-Node eine Node zur Transformation eingefügt, die Node „Transform“. Mit ihr wird nun die Größe, Position und Ausrichtung festgelegt.

In der nächsten Abbildung sieht man die Default-Einstellungen der Transform-Node und im Viewer ein Fadenkreuz, mit dem man das Element zunächst grob dorthin bewegt (mit gedrückter Maustaste in das Fadenkreuz und dann verschieben), wo man es platzieren will. Der Lange Strich auf der rechten Seiten des Fadenkreuzes kann zur manuellen Rotation genutzt werden. Mit den vier Punkten am Fadenkreuz kann man manuell skalieren. Sämtliche Transformationen können auch über die Einstellungen der Node erfolgen.

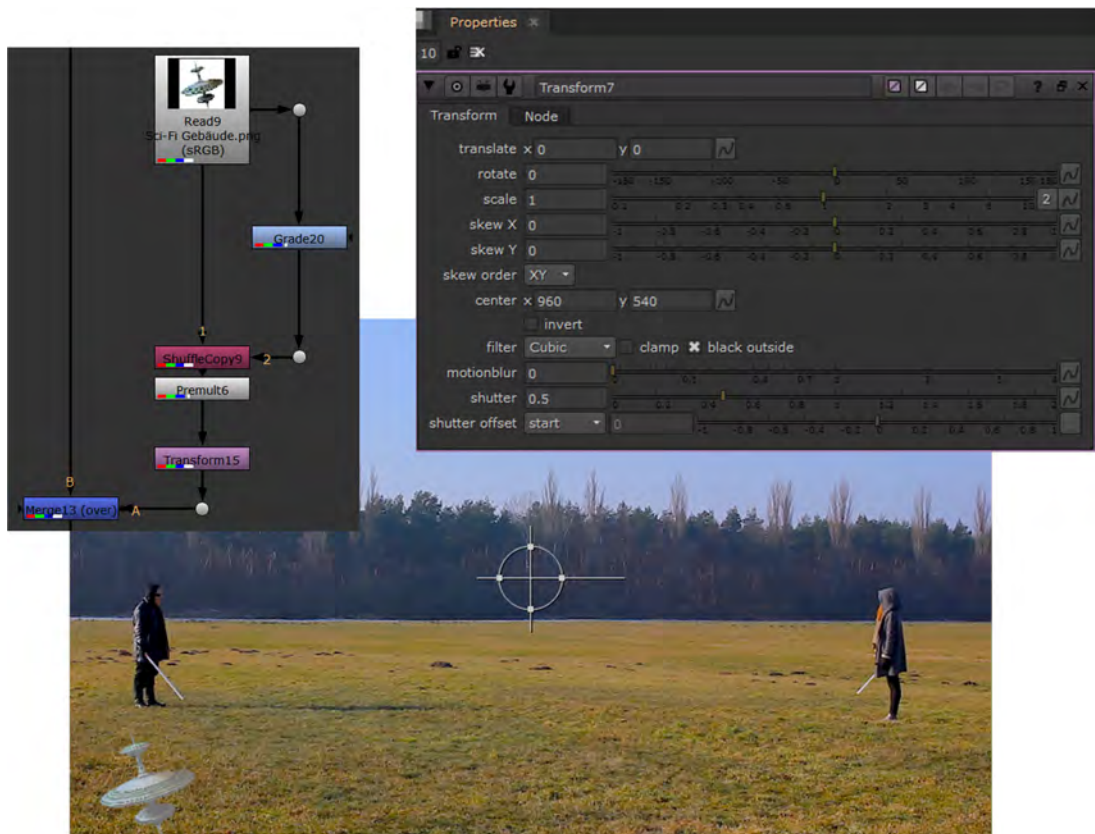


Abbildung 4.42 Element Gebäude im Node Tree, Default-Einstellungen der Transform-Node und Darstellung im Viewer

Nach vorgenommenen Transformationen befindet sich da Gebäude nun an gewünschter Position mit festgelegter Größe.

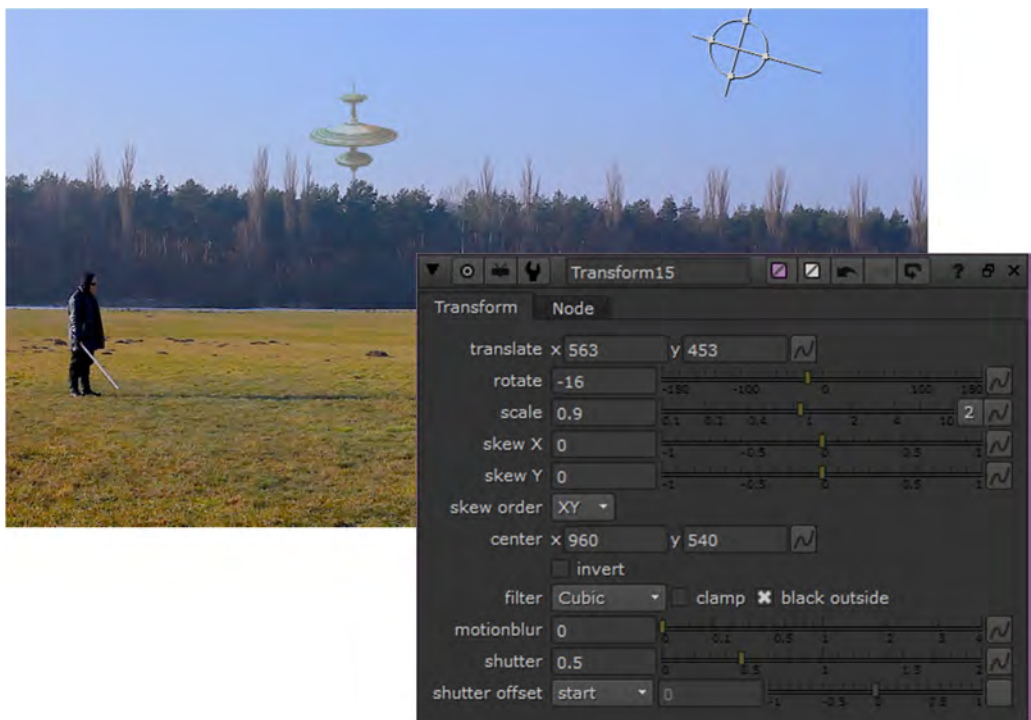
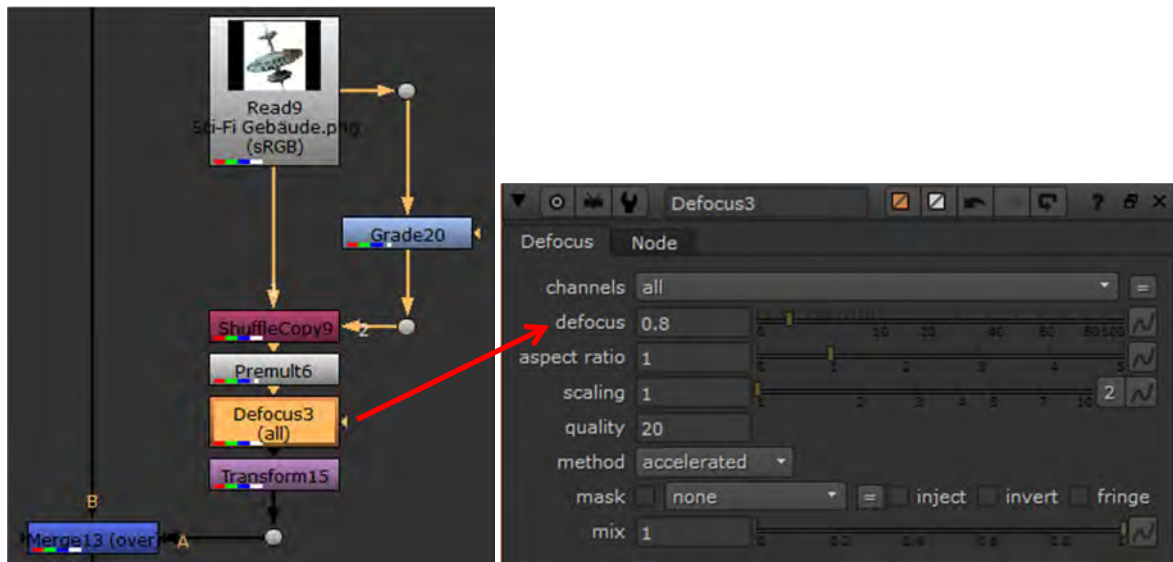


Abbildung 4.43 Element Gebäude mit angepassten Einstellungen der Transform-Node und Darstellung im Viewer

Auch wenn das Gebäude nun gut platziert und die Farbe angepasst wurde, wirkt es dennoch, als ob es nicht zum Rest des Bildes passt. Es ist zu scharf, dafür dass es deutlich weiter im Hintergrund, hinter der zu sehenden Baumgruppe, sein soll. Dieses wird nun geändert. Hierfür wird die Node „Defocus“ verwendet, die in der Rubrik „Filter“ zu finden ist und die Einstellung „defocus“ von 1 auf 0,8 verringert.



**ohne
Defocus-Node**



**mit
Defocus-Node**



Abbildung 4.44 Element Gebäude, Transform- und Soften-Node im Node Tree, angepasste Einstellungen der Soften-Node und Vergleich mit/ohne Soften-Node im Viewer

Als nächstes wird ein weiteres Gebäude hinzugefügt. Es wird auf das gleiche Bild zurückgegriffen (neue Read-Node mit gleichem Bild). Dieses Gebäude soll hinter und neben dem zuvor erstellten implementiert werden. D.h. es muss kleiner sein, noch mehr in der Atmosphäre „verschwinden“ und auch ein kleines bisschen unschärfer sein, als das erste Gebäude und auch der Schwarz- und Weißwert werden hier weiter angepasst, um das Gefühl von räumlicher Tiefe zu vermitteln.

Um sich einige Arbeitsschritte zu sparen, kann man sich die Nodes im Node Graph so hinschieben, dass man die zum Gebäude gehörenden Nodes markiert und kopiert oder einfacher, man markiert die komplette Backdrop-Node, kopiert sie und fügt sie an einer anderen Stelle ein. Eingefügt wird das hintere Gebäude somit im Node Tree vor dem vorderen Gebäude, d.h. das hintere Gebäude ist (bis jetzt) zweite Ebene im Compositing und „liegt auf“ dem Hintergrund. Es können Beschriftung und Farbanpassungen der kopierten Backdrop-Node erfolgen. Nun müssen nur noch ein paar Anpassungen

erfolgen. Zunächst wird die Größe und Position mit Hilfe der Transform-Node (Doppelklick auf die Transform-Node) geändert.

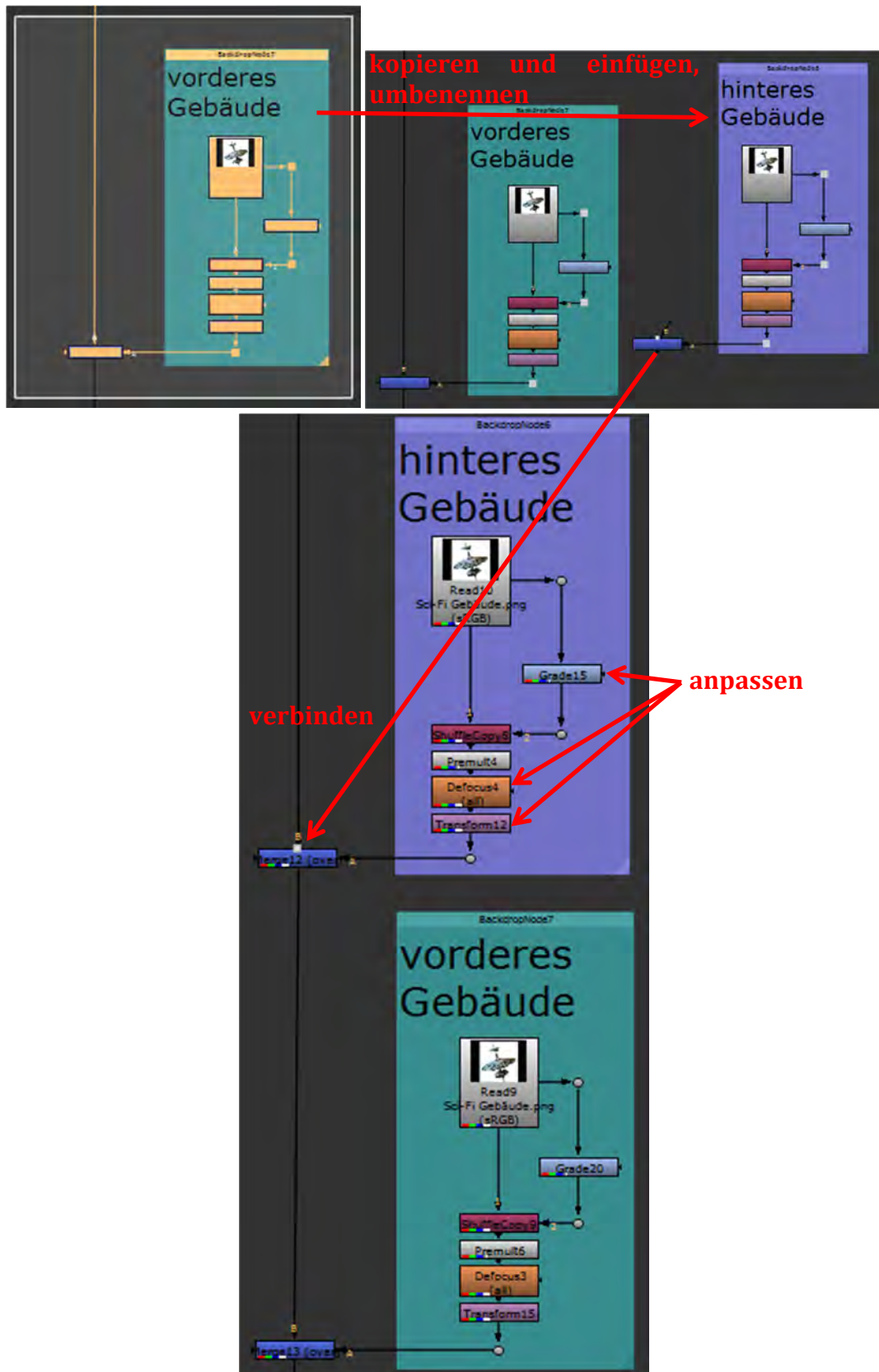


Abbildung 4.45 weiteres Element Gebäude

Die Transform-, die Defocus- und die Grade-Node wurden entsprechend angepasst, um so den Eindruck zu vermitteln, dass sich das zweite Gebäude räumlich hinter und versetzt zum ersten befindet. Nachfolgend sind die geänderten Einstellungen der genannten Nodes zu sehen und ein Zwischenergebnis der Implementierung beider Gebäude. Ein Zwischenergebnis deshalb, weil noch ein farbiger Planet eingefügt wird und sich diese Farbe in Form eines leichten Scheins auf die Gebäude auswirken soll.

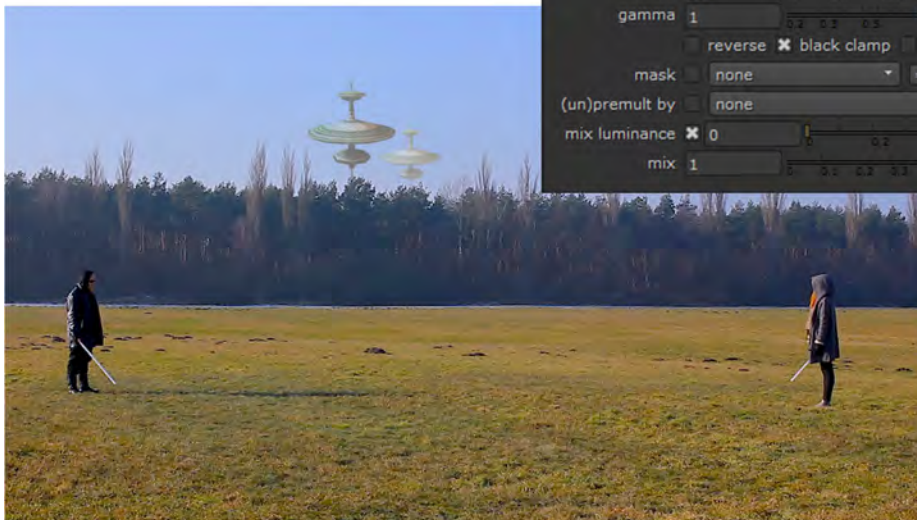
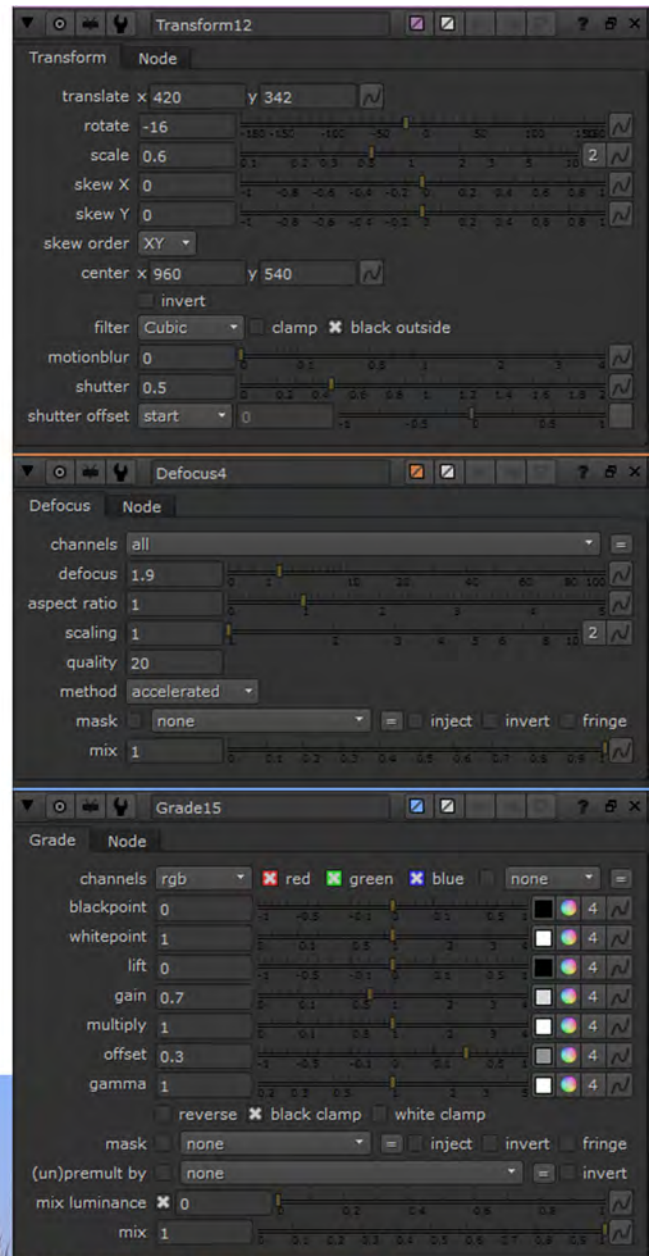


Abbildung 4.46 Ergebnis weiteres Gebäude und angepasste Einstellungen

4.2.4 Implementierung statischer Elemente im Compositing: hier Planet

Im nächsten Schritt soll ein Planet im Hintergrund eingefügt werden, um dem Betrachter eine noch futuristischere Szene zu bieten.

Verwendet wurde hierfür ein lizenzfreies Bild²⁰⁷, welches schon einen transparenten Hintergrund hat. Der Planet wurde vorab farblich modifiziert (mit dem Microsoft Office 2010 Viewer).

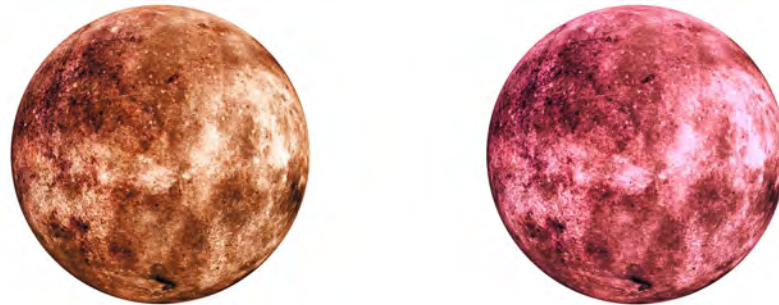


Abbildung 4.47 Original Planet (links) und farblich modifizierter Planet (rechts)

Das Einbinden in NUKE erfolgt wie bei den zuvor im Compositing eingefügten Gebäuden. Hierfür wird das Element in NUKE importiert und in den Node Graph gezogen, Alpha- und RGB-Teil wieder mit der Node „ShuffleCopy“ voneinander getrennt, der RGB-Teil mit der Grade-Node angepasst, vormultipliziert (Premult-Node), mit einer Transform-Node verschoben, skaliert und rotiert und auch hier wieder mit der Defocus-Node die gewünschte Unschärfe hinzugefügt und mit einer Merge-Node (over-Operator) in den Node Tree integriert. Die Deckkraft der Ebene wird hier reduziert (von 1 auf 0,3 in der Merge-Node → Einstellung Mix). Das Ergebnis soll dem Betrachter das Gefühl vermitteln, dass sich das Element außerhalb der Atmosphäre befindet. Im Node Tree wird die Planeten-Ebene nun zwischen dem Hintergrund (Clip) und dem hinteren Gebäude platziert, da der Planet weiter hinten ist, als das hintere Gebäude.

Die nächste Abbildung zeigt, wie das Element (Planet) mit den dazugehörigen Nodes und deren Einstellungen im Node Tree eingebettet wird.

²⁰⁷ <https://pixabay.com/de/isoliert-transparente-plan-rot-1513342/>

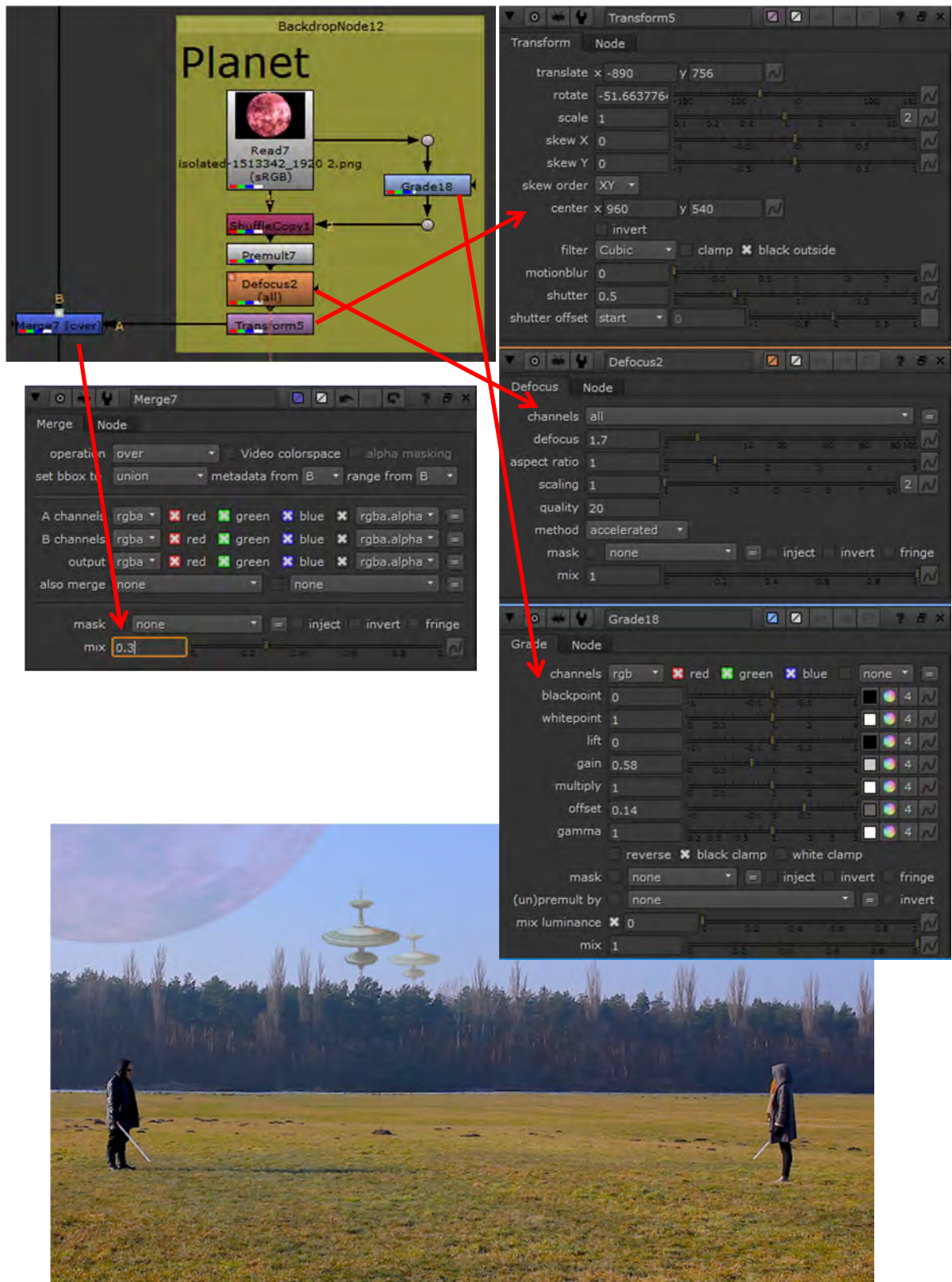


Abbildung 4.48 Element Planet und dazugehörigen Nodes im Node Tree, Einstellungen der Nodes und Darstellung im Viewer

Betrachtet man den rötlichen Planeten, würde ein leichter roter Schein auf den Gebäuden die Szene realistischer wirken lassen. Hierfür wird lediglich in die beiden Gebäudesträngen eine weitere Grade-Nodes zur Farbanpassung eingefügt und für beide identisch eingestellt. Hierfür wurde nur der grüne Kanal ausgewählt und der Schwarzpunkt verändert. Als Resultat sieht man die Gebäude mit einem leichten rötlichen Schein.

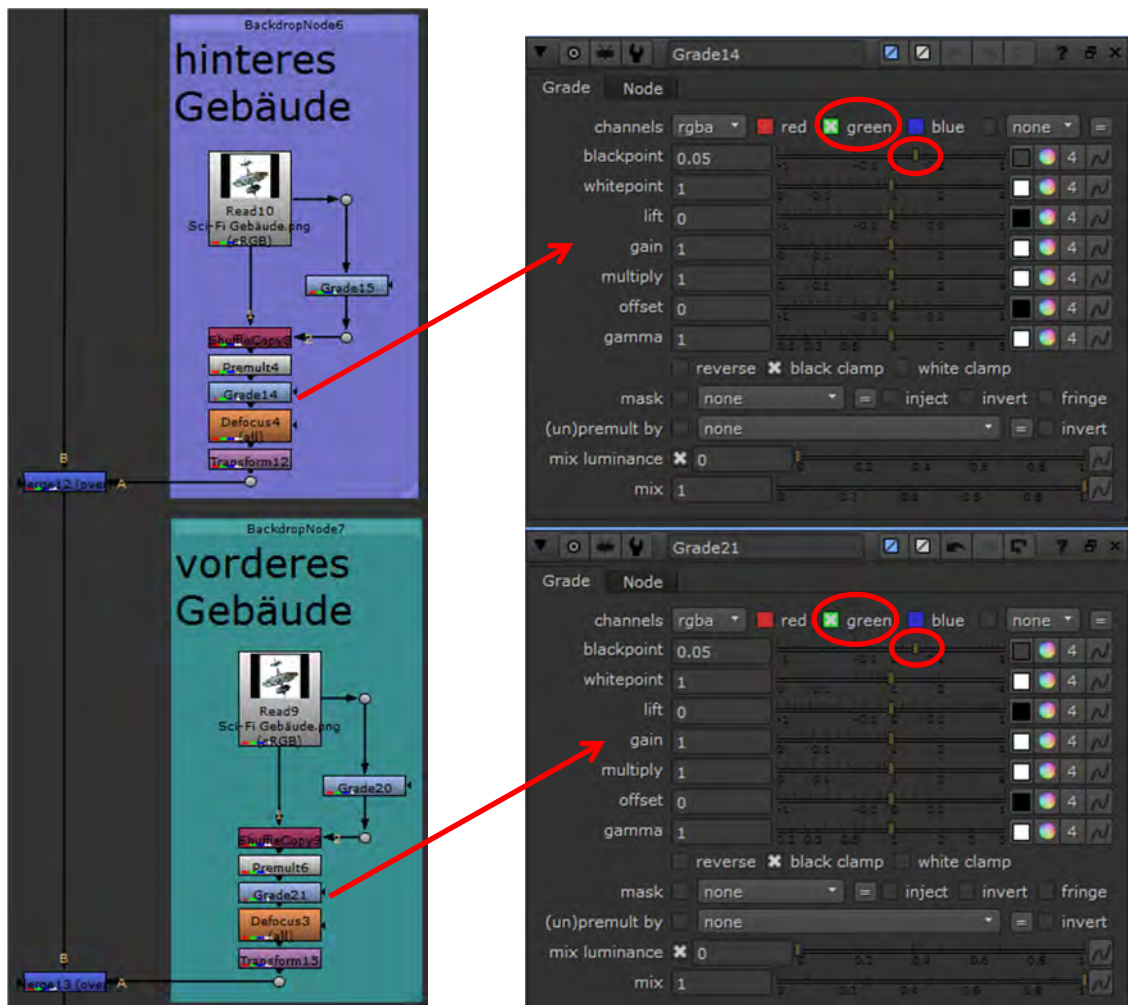


Abbildung 4.49 Gebäude-Elemente mit Grade-Nodes im Node Tree, Einstellungen der Grade-Nodes und Vergleich mit/ohne eingestellte Grade-Node



Abbildung 4.50 Gesamtbild mit Gebäude-Elementen im Viewer

4.2.5 Implementierung statischer Elemente im Compositing: hier Todesstern

In der rechten oberen Ecke soll nun „der Todesstern im Bau“ eingefügt werden. Das Vorgehen wie bei den Gebäuden und dem Planeten kann hier nicht angewendet werden, da nur ein Bild²⁰⁸ des Elements (als *.JPG) vorliegt, wo der Hintergrund nicht transparent ist und auch eine eigene Freistellung zu aufwendig wäre.

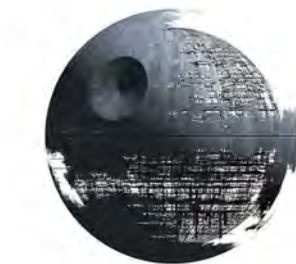


Abbildung 4.51 Bild Todesstern

Um dennoch dieses Element dem Compositing hinzuzufügen, wird hier der Differenz-Keyer verwendet. Der Grundgedanke hierbei ist der:

Man hat ein Element vor einem weißen Hintergrund und die Differenz aus diesem Bild mit einem weißen Bild ist das zu keyende Element. Im Ergebnis soll somit das freigestellte Element zur Verfügung stehen, welches dann weiter angepasst wird, um es harmonisch im Gesamtbild einzufügen.

Zunächst wird das Bild in NUKE importiert und in den Node Graph eingefügt (Read-Node). Auch die Merge- (zum Einfügen in den Node Tree) und die Transform-Node (zur Anpassung Größe, Ausrichtung und Blickdichte) werden schon hinzugefügt. Auch die Defocus-Node wird hier verwendet und die vom Planeten kopiert oder besser geklont (ALT und C). Der Vorteil am Klon ist der, dass wenn sich eine Einstellung der beiden Defocus-Nodes ändert, ändert sich auch automatisch die andere. An der einen Ecke erscheint dann ein Symbol (ein „c“) und zwischen den beiden Nodes wird eine

²⁰⁸ <http://www.scifi3d.com/details.asp?intGenreID=10&intCatID=8&key=186>

Verbindung in Form einer farbigen Linie angezeigt. Dieses Vorgehen macht hier Sinn, da beide (Planet und Todesstern) weit außerhalb der Atmosphäre sind (sein sollen) und gleiche Einstellungen bzgl. der Unschärfe verwendet werden können.

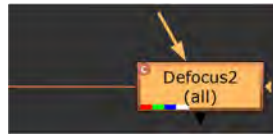


Abbildung 4.52 Defocus-Node geklont

Die Node „Difference“ (der Differenz-Keyer) ist in der Rubrik „Keyer“ zu finden und kann ebenfalls hinzugefügt werden. Jedoch fehlt dem Bearbeiter noch „das weiße Bild“ für den Differenz-Keyer. Dieses kann entweder als Konstante (Node „Constant“) oder besser durch die Node „Shuffle“ erfolgen, denn mit dieser Node man neben dem Neuarrangieren der Kanäle (z.B. Tauschen vom Kanal rot zu grün) und dem Erstellen neuer Kanäle auch Kanäle mit schwarz oder weiß ersetzen, welches hier genutzt wird. Somit wird nun die Shuffle-Node, welche in der Rubrik „Channels“ zu finden ist, hinzugefügt und aus dem RGB-Bild (Todesstern) ein weißes Bild gemacht. Dafür muss der Eingang der Shuffle-Node auch mit der Read-Node (Bild Todesstern) verbunden werden. Jedoch würde das Element „zu fad“ ausschauen, warum deshalb nicht eine, sondern zwei Masken erstellt werden, eine Kern- und eine Kantenmaske. Grundsätzlich geht es hier um die Transparenzen. Im Kern möchte man ein blickdichtes Element haben, den man separat steuern kann und der weiße Teil soll transparent ein und die feinen Details (das Äußere, die Kanten) sollen Semi-Transparenzen aufweisen und „schön fluffig“ wirken. Das wird durch die Aufspaltung mit Hilfe der Shuffle-Nodes und Verwendung der Alpha-Kanäle und dem Differenz-Keyer realisiert. Zusammengefügt wird der RGB-Teil des Bildes und der Alpha-Kanal der Kernmaske (Ausgang Difference-Node) mit der ShuffleCopy-Node (zwei Eingänge, ein Ausgang). Anschließend wird dieser Teil vormultipliziert und man erhält den freigestellten Todesstern. Jedoch muss noch die Kantenmaske mit dem vormultiplizierten Teil verknüpft werden, welche durch die Merge-Node (Default-Einstellungen und over-Operator) vorgenommen wird. Anderen Nodes dienen der Anpassung des Elements, damit dieses im Compositing harmonisch integriert wird. Mit der Saturation-Node wird noch die Sättigung etwas angepasst und mit der Blur-Node erhält der Todesstern eine weitere Weichzeichnung. Die Merge-Node verbindet dann die Ebenen mit dem Node Tree und hier wurde die Deckkraft heruntergesetzt (von 1 auf 0,5), um das Element etwas im Himmel verschwinden zu lassen. Um sich Alpha- oder RGB-Kanal anzeigen lassen zu können kann man die gewünschte Ansicht auswählen (siehe nächste Abbildung). Die entsprechende Node muss dann auch mit dem Viewer verbunden sein. Z.B. gewünschte Node anklicken und „1“ drücken.

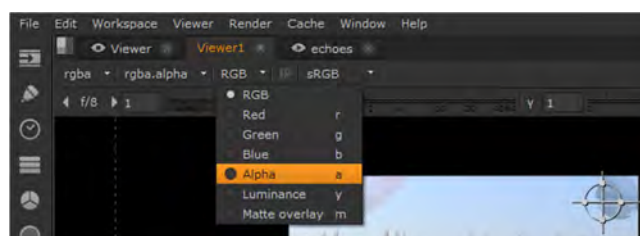


Abbildung 4.53 Wechsel zwischen RGB- und Alpha-Ansicht

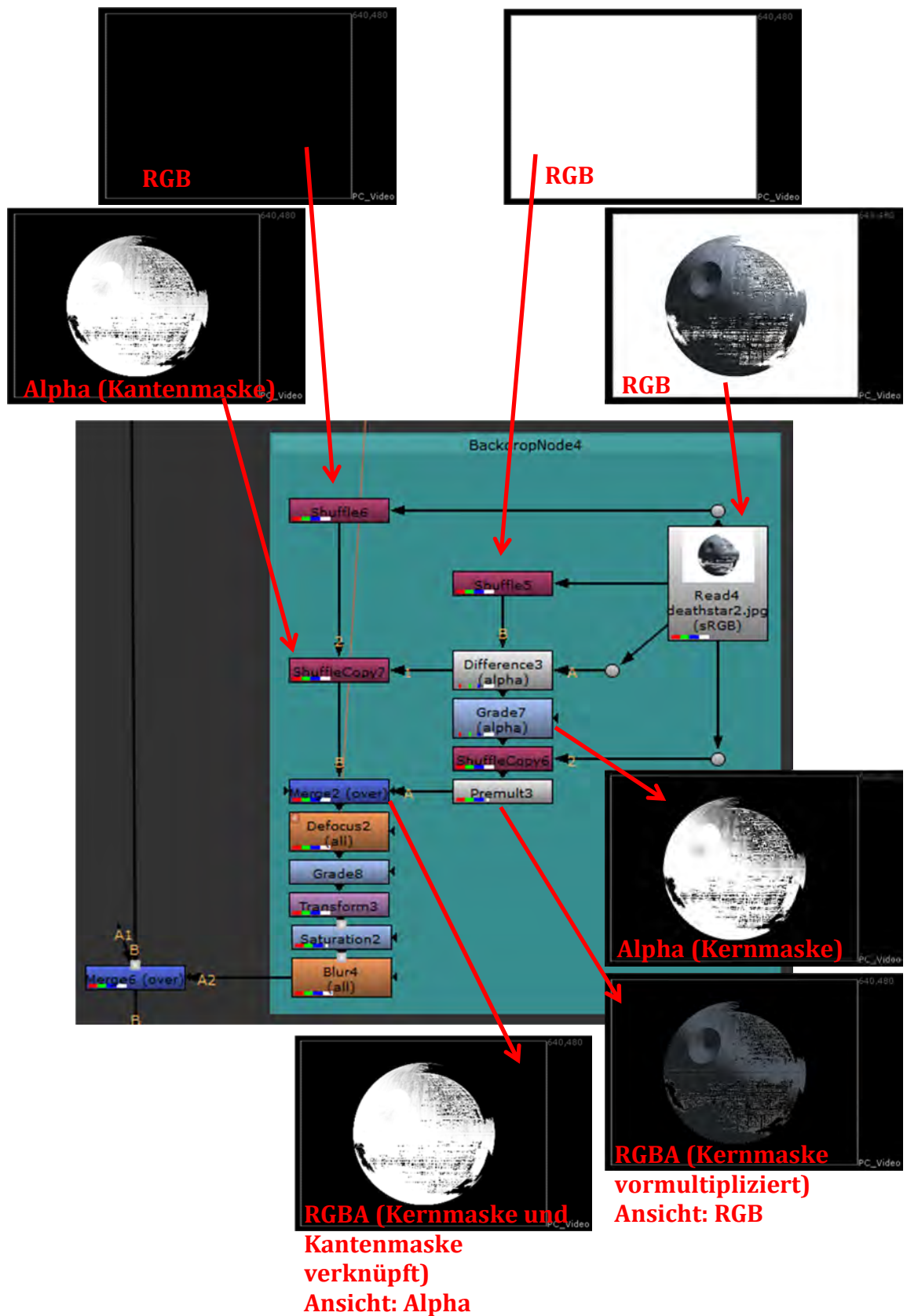


Abbildung 4.54 Bild Todesstern im Node Tree und Darstellung einzelner Nodes im Viewer

Die Einstellungen der Nodes für diese Ebene (wenn nicht schon im Text erwähnt) werden in der nächsten Abbildung dargestellt.

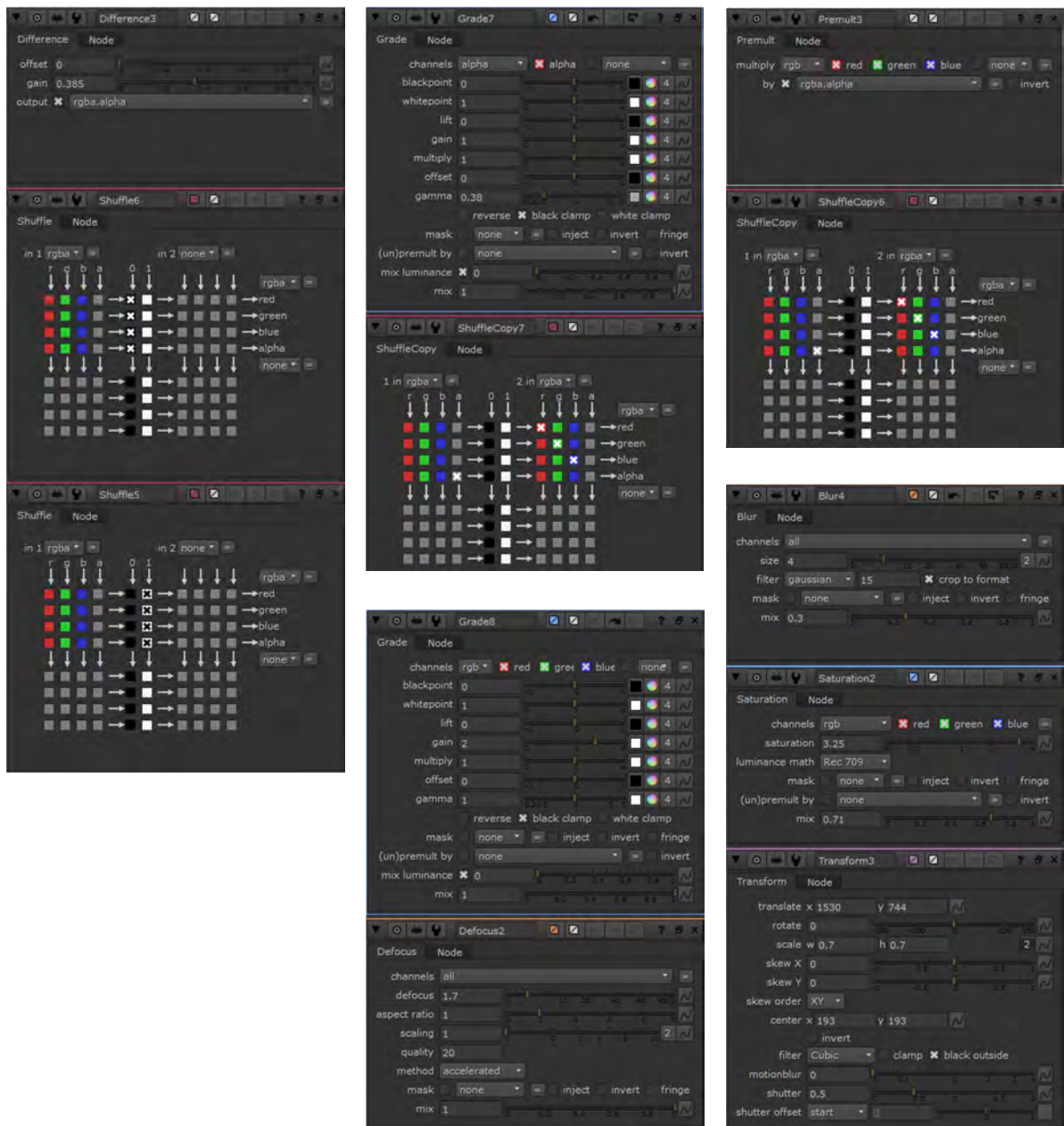


Abbildung 4.55 Bild Todesstern Einstellungen der Nodes

Platziert wird diese Ebene im Node Tree nach dem Planeten und vor den Gebäuden, da dieser weiter weg als die Gebäude ist.



Abbildung 4.56 Bild Todesstern im Compositing

4.2.6 Implementierung dynamischer Elemente im Compositing: hier Rauchsäulen

Im Wald sollen zwei Rauchsäulen aufsteigen. Hierfür wurde freies VFX-Material verwendet²⁰⁹. Es wurden hier die Container (*.MOV) genutzt, in Nuke importiert und in den Node Graph gezogen. Der Rauch ist vor weißem Hintergrund aufgenommen worden und nicht freigestellt.

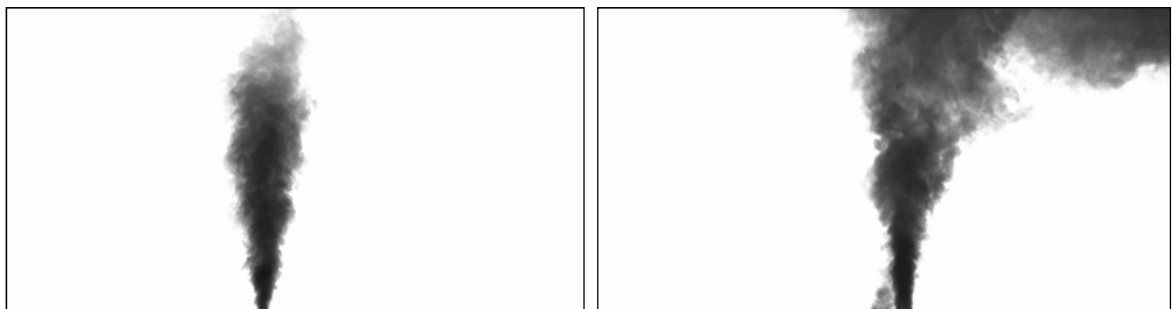


Abbildung 4.57 VFX-Clips für die linke und rechte Rauchsäule

Somit kann die gleiche Verfahrensweise wie beim Todesstern angewendet werden um den Rauch freizustellen. Auch die Einstellungen für die Difference-Node, die Shuffle-Nodes und die Grade-Node nach der Difference-Node sind identisch. Auch hier wird eine weitere Grade-Node zur Farbanpassung verwendet und eine Transform-Node, um den Rauch an der gewünschten Stelle zu positionieren und zu skalieren. Die Blur-Node wird hier eingesetzt, um den Rauch schön weich zu machen. Der Hauptunterschied bei der Vorgehensweise im Vergleich zu der beim Todesstern ist das Hinzufügen einer Roto-Node (Rotoskopieren), um die Rauchsäule an den Verlauf der Baumkronen anzupassen, so dass dieser nicht über die Bäume gelegt wird und auch nicht frei darüber in der Luft schwebt.

²⁰⁹ <https://www.actionvfx.com/collections/free-vfx/category>

In der nächsten Abbildung ist die Rauchsäule mit der Transform-Node platziert und skaliert.



Abbildung 4.58 Linke Rauchsäule transformiert

Mit der Roto-Node wird nun der untere Teil abgeschnitten. Jedoch sollte „der Schnitt“ entlang der Baumkone nicht hart sein, sondern einen kleinen Verlauf aufweisen. Dieses wird auch mit Roto-Node realisiert. In der Roto-Node wurde mit einer Bezié-Spline ein Umriss für den Teil, der sichtbar sein soll, gezeichnet. Die einzelnen Punkte können danach noch verschoben und so sehr präzise gesetzt werden. Auch können nachträglich weitere Punkte hinzugefügt oder auch gelöscht werden. Um den Umriss zu zeichnen, sollte ausreichend reingezoomt werden.

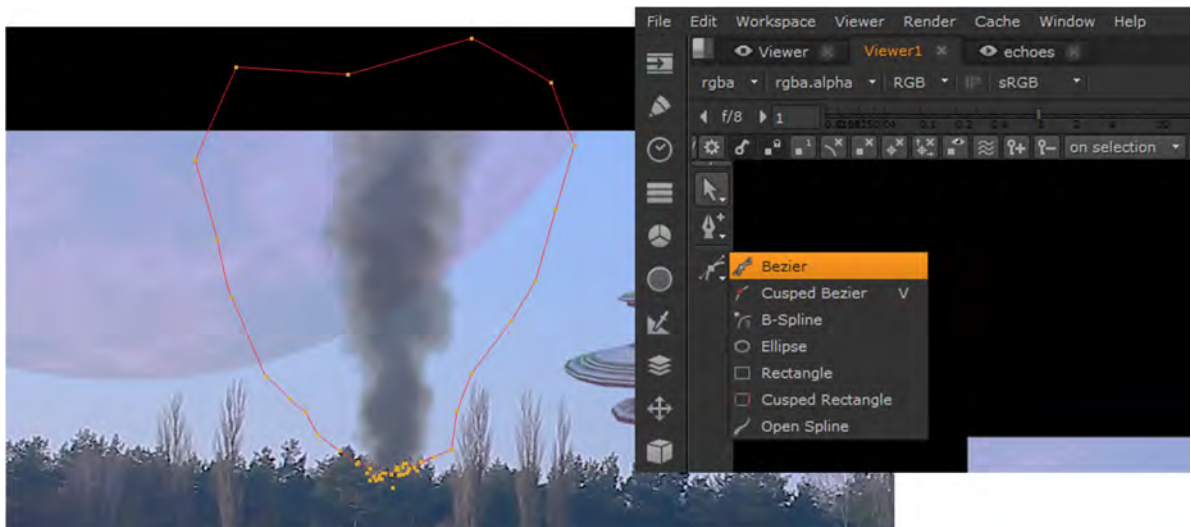


Abbildung 4.59 Roto-Spline für linke Rauchsäule

Ist der Umriss gezeichnet und ggf. optimiert (Verschieben der Punkte), wird nun ein leichter Verlauf nach unten hin (in die Bäume) realisiert. Dazu wählt man zunächst einen der Punkte aus und zieht dann an der dann erscheinenden Linie den Feather-Point heraus, der den Verlauf darstellt. Dieses wird dann für die anderen Punkte, die an den Baumkronen sind ebenfalls durchgeführt.



Abbildung 4.60 Roto-Spline und Feather Points für linke Rauchsäule reingezoomt (1)



Abbildung 4.61 Roto-Spline und Feather Points für linke Rauchsäule reingezoomt (2)

Die farbliche Anpassung wurde wie erwähnt mit einer Grade-Node durchgeführt (Grade-Node nach der Roto-Node) und die Weichheit des Rauchs mit der Blur-Node. Die Merge-Node (over-Operator) wird zum Einbinden der Ebene in den Node Tree verwendet und die Deckkraft wurde hier verringert (von 1 auf 0,8).

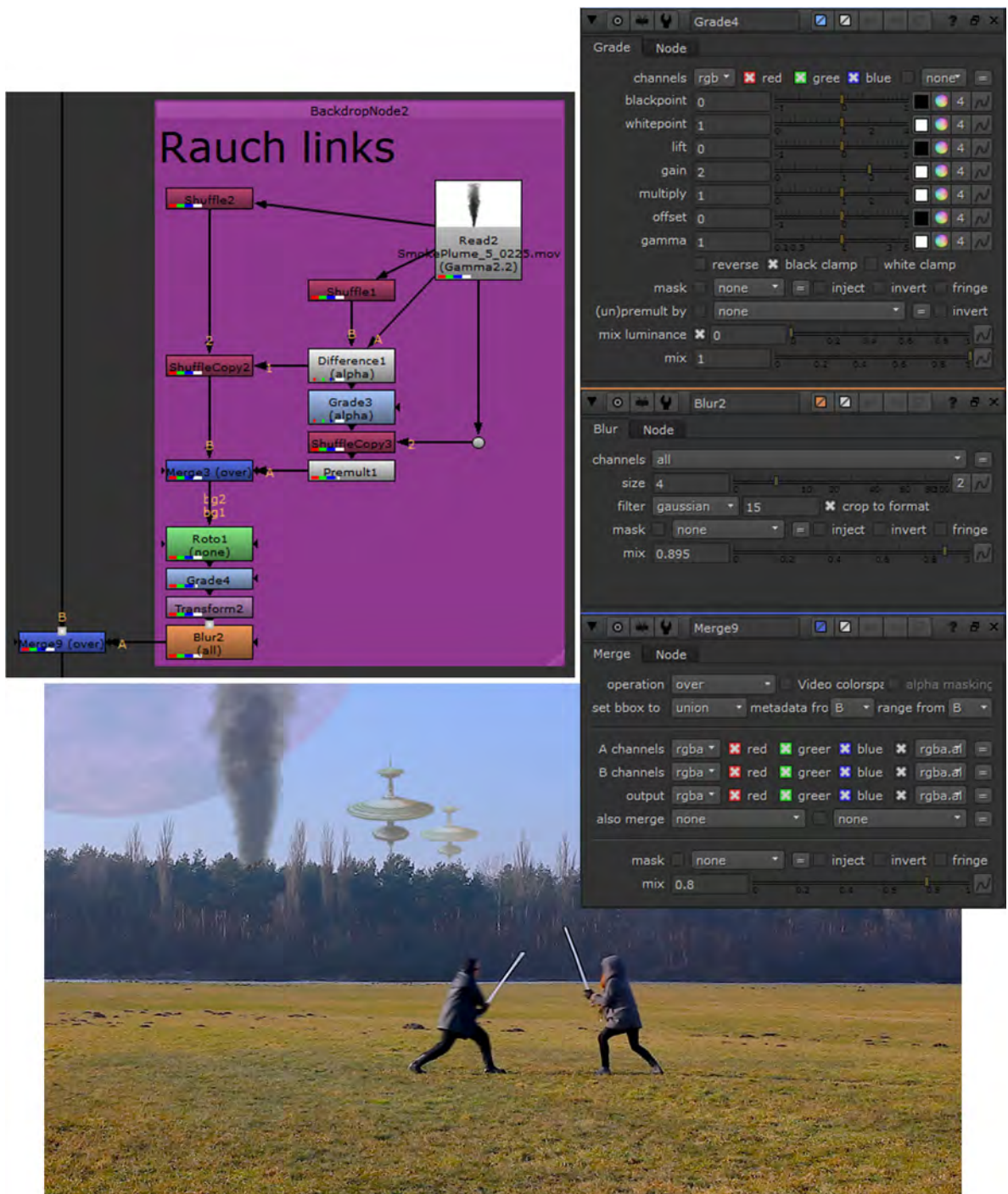


Abbildung 4.62 Linke Rauchsäule im Node Tree, Einstellungen der Nodes (Grade, Blur und Merge) und Darstellung im Viewer

Als nächstes soll eine weitere Rauchsäule dem Compositing hinzugefügt werden. Dafür wird die Backdrop-Node der linken Rauchsäule zunächst kopiert, die zweite Rauchsäule (Container, *.MOV) in Nuke importiert, dem Node-Graph hinzugefügt und diese Read-Node ersetzt dann die kopierte. Anpassen sind hier lediglich die Transform-Node für die Positionierung und Skalierung der rechten Rauchsäule und die Roto-Node, um die rechte Rauchsäule an die dortigen Baumkronen anzupassen. Die restlichen Nodes brauchen nicht editiert werden. Beide Rauchsäulen werden im Node Tree unter (nach) den Gebäuden platziert, da diese räumlich vor diesen sein sollen.

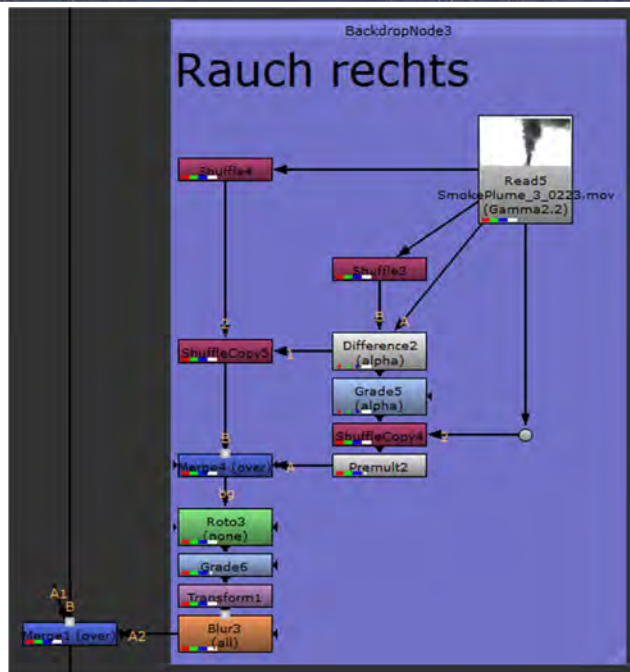


Abbildung 4.63 Roto-Spline für rechte Rauchsäule, Einbettung im Node Tree und Darstellung im Viewer

4.2.7 Implementierung dynamischer Elemente im Compositing: hier Sternzerstörer

Im nächsten Schritt soll ein Sternzerstörer, welcher als Bild²¹⁰ (*.JPEG) zur Verfügung steht, im Compositing eingebaut werden. Dieser soll sich von der linken Bildhälfte nach rechts bewegen. Aber er soll sich auch leicht nach oben hin bewegen und auch kleiner werden, was den Eindruck vermitteln soll, dass er nach oben und etwas weg (räumlich nach hinten) fliegt.

Zunächst wurde die Original-Datei gespiegelt und freigestellt.

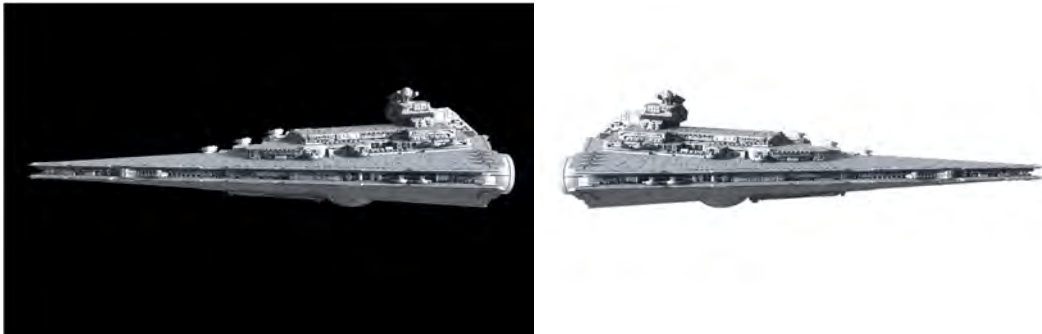


Abbildung 4.64 Links: Sternzerstörer Originalbild, rechts: freigestellt und gespiegelt

Anschließend wird dieses Bild in Nuke importiert und in den Node-Graph gezogen und steht somit als Read-Node zur Verfügung. Wie bei den Gebäuden und dem Planeten wird auch hier der Alpha- und RGB-Teil mit der Node „ShuffleCopy“ voneinander getrennt, der RGB-Teil mit einer Grade-Node angepasst, vormultipliziert (Premult-Node), mit einer Transform-Node (für den ersten Frame) verschoben, skaliert und etwas rotiert (Element soll ja leicht nach oben fliegen) und auch hier wieder mit der Defocus-Node die gewünschte Unschärfe hinzugefügt (Default-Einstellungen) sowie mit einer Merge-Node (over-Operator) in den Node Tree integriert.

Die Deckkraft der Ebene (Merge-Node → Einstellung Mix) wird hier nicht reduziert. Das Ergebnis soll dem Betrachter das Gefühl vermitteln, dass das Element sehr weit entfernt ist, jedoch vor Plant und Todesstern, aber hinter den Rauchsäulen und Gebäuden. Im Node Tree wird die Todesstern-Ebene nun zwischen dem Todesstern und dem hinteren Gebäude platziert.

Da der Sternzerstörer zu Beginn des Clips links im Bild und am Ende des Clips rechts, weiter oben und kleiner sein soll, müssen Keyframes für die Transform-Node gesetzt werden, wodurch eine Animation und (durch Änderung der Werte in der Transform-Node) eine Größenänderung realisiert wird. Dafür wird die Transform-Node ausgewählt und auf den ersten Frame des Clips gegangen. Ist der Sternzerstörer für den ersten Frame korrekt platziert und skaliert, klickt man in den Einstellungen der Transform-Node die rechte Maustaste auf „translate“ und wählt dann „Set key“ aus und die translate-Felder (x und y, für die Position des Elements) werden blau hinterlegt. Gleiches wird nun für „scale“ (die Skalierung des Elements) gemacht. Nun geht man zum letzten Frame des Clips, zieht das Fadenkreuz der Translate-Node an die Stelle, wohin sich das Element bewegen soll, geht wieder auf die Einstellungen der Translate-Node und setzt wieder bei „translate“ einen Keyframe. Die Skalierung kann manuell in den Einstellungen erfolgen und muss logischerweise verringert werden. Ist dieses erfolgt, wird hier auch ein Keyframe gesetzt. Nun erscheint, bei ausgewählter Transform-Node, eine Linie zwischen den beiden

²¹⁰ Bild von <http://jedipedia.wikia.com/wiki/Datei:ProcuratorClassSideview.jpg>

Keyframes bzw. zwischen den Positionen zu Beginn und am Ende des Clips, wodurch der Verlauf der Bewegung ersichtlich ist. Das Programm interpoliert dann die Werte zwischen den beiden Punkten.

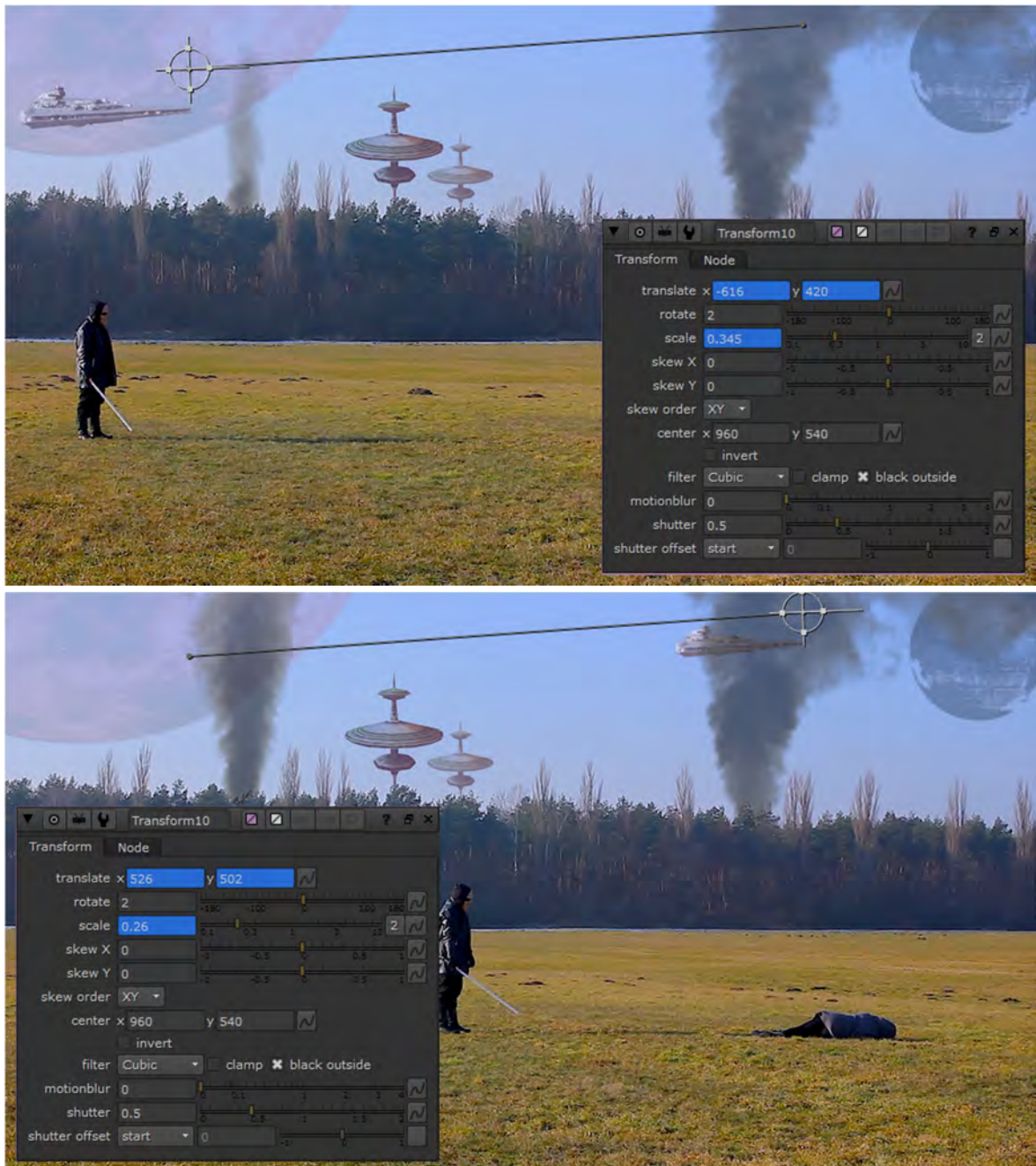


Abbildung 4.65 Links: Transform-Node mit Keyframes und Einstellungen der Transform-Node für den ersten und letzten Frame

Der Sternzerstörer ist somit im Compositing eingebaut. Die nächste Abbildung zeigt den dazugehörigen Teil im Node Tree und die Darstellung im Viewer für den ersten und letzten Frame.

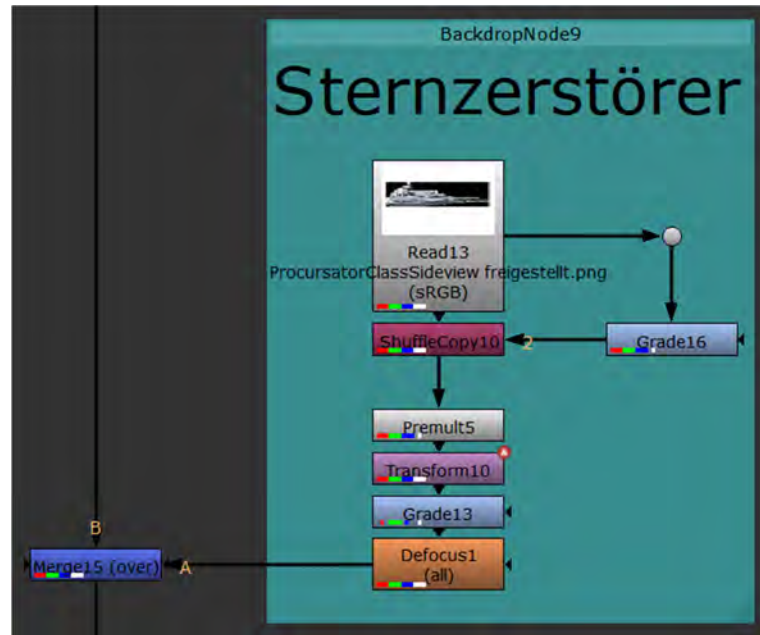


Abbildung 4.66 Sternzerstörer im Node Tree und Darstellung im Viewer zu Beginn und Ende des Clips

Grundsätzlich ist das Ergebnis gut, jedoch fehlt zur Steigerung der Glaubwürdigkeit noch der „Abgasstrahl“ des Sternzerstörers. Dieser soll nun hinzugefügt werden. Hierfür wird ein eigener Node-Strang erzeugt, welcher wieder mit einer Merge-Node (hier liefert der „screen“-Operator ein gutes Ergebnis) mit der Main-Pipe (Hauptstrang des Node Trees) verbunden wird. Der Grundgedanke hier ist der, dass mit einer Roto-Node ein Umriss für den Abgasstrahl gezeichnet wird, der mit Farbe gefüllt ist, die einen Verlauf aufweist, welcher dann dem Sternzerstörer folgt. Somit wird zunächst eine Roto-Node eingefügt, mit einer Bezière-Spline der Umriss für den ersten Frame gezeichnet und die „Feather-Points“ für den Verlauf rausgezogen. Mit einer Saturation-Node wird die Sättigung des Abgasstrahls etwas erhöht („saturation“ von 1 auf 1,5).

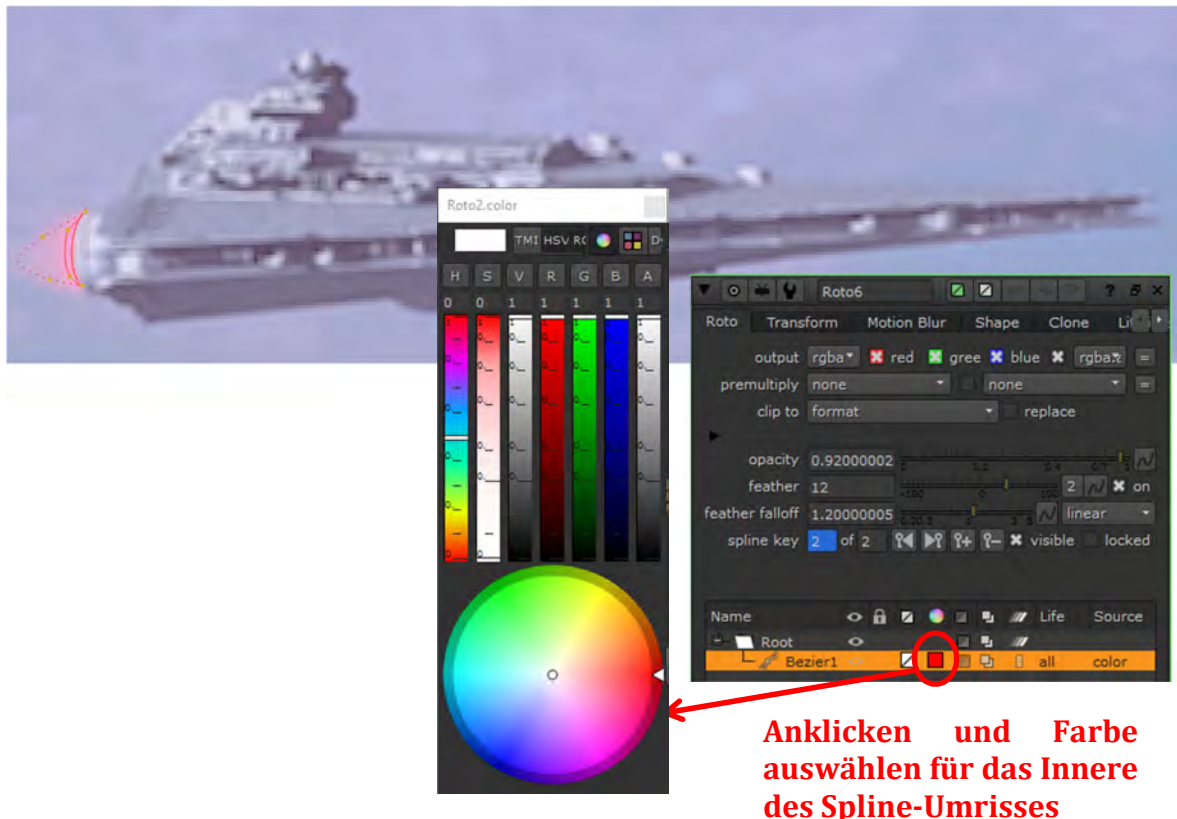


Abbildung 4.67 Sternzerstörer mit Abgasstrahl und Roto-Spline im Viewer

Um den Abgasstrahl für die Dauer des Clips an den Sternzerstörer „anzuheften“, wird die Transform-Node vom Sternzerstörer kopiert (und somit auch die Keyframes für die Position und Skalierung und somit die Animation) und mit in den Node-Strang des Abgasstrahl eingebunden. Da sich der Abgasstrahl aber nun nicht ganz an der richtigen Position befindet, wird nun unter die eingefügte Transform-Node eine weitere Transform-Node eingefügt, die eine Verschiebung (Offset) an die korrekte Position bewirkt. Hier ist es hilfreich diese umzubenennen (Node anklicken und in den Einstellungen in den Namen klicken und bspw. „Offset“ ergänzen). Dieser Wert, hier x-Achse braucht nur einmal eingestellt werden. Betrachtet man nun den Abgasstrahl für den ersten und letzten Frame, ist beim letzten Frame ein kleiner Versatz zu sehen. Dafür brauchen nur die Werte für x und y in der Transform-Node (die mit den Keyframes) geringfügig angepasst werden. Das Ergebnis macht die Einbindung des Sternzerstörers nun glaubwürdig, welches die nächste Abbildung zeigen soll.

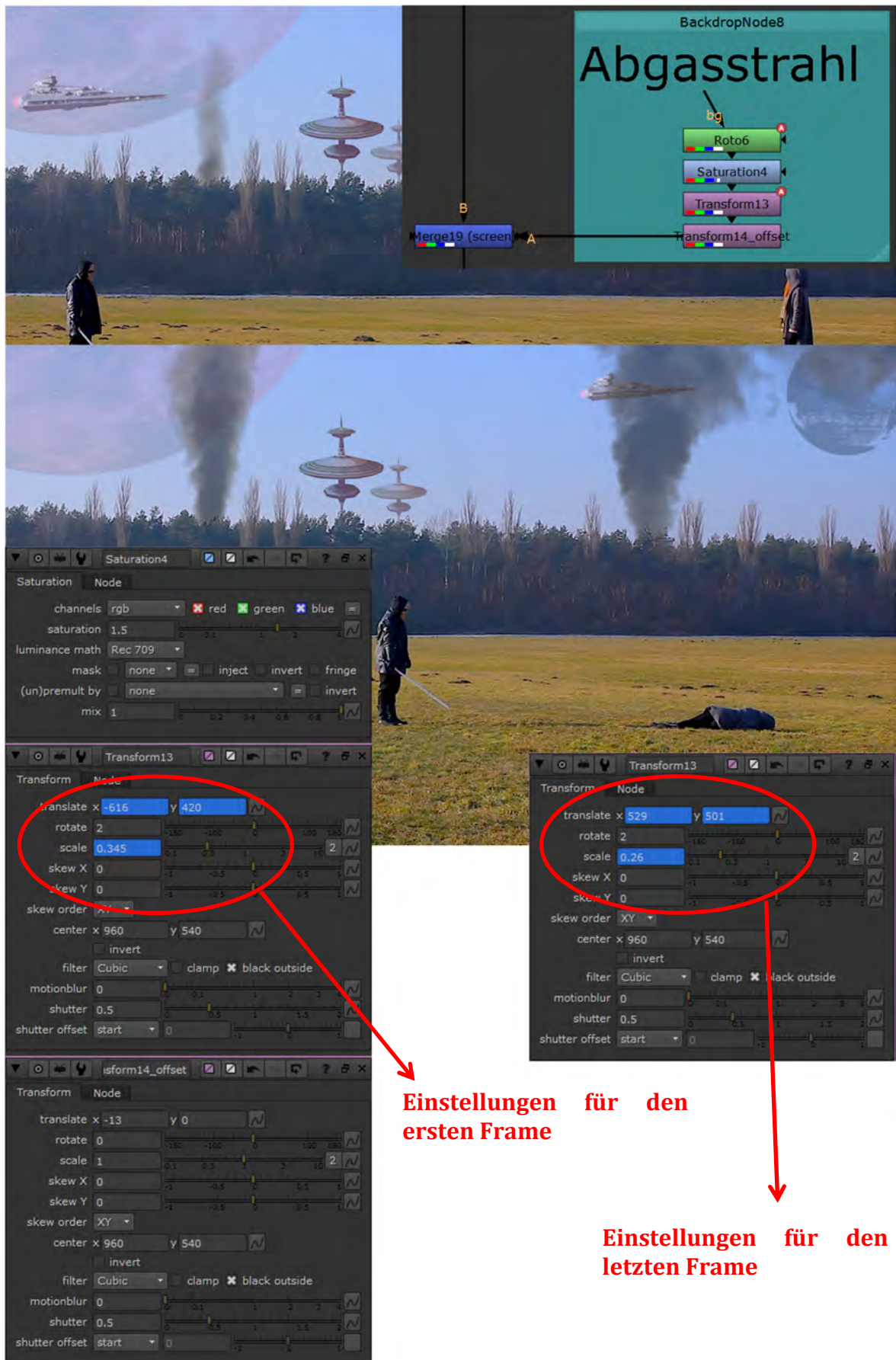


Abbildung 4.68 Sternzerstörer mit Abgasstrahl im Node Tree, Darstellung am Anfang und am Ende des Clips im Viewer und Einstellungen der Nodes

Da das Hinzufügen von Backdrop-Nodes generell zur Steigerung der Übersicht sinnvoll ist, kann in diesem Fall eine Backdrop-Node, in der die beiden Backdrop-Nodes (eine für den Sternzerstörer und eine für den Abgasstrahl) enthalten sind, erstellt werden. Dafür brauchen lediglich beide Backdrop-Nodes markiert werden und dann eine Backdrop-Node hinzugefügt werden. Diese wird dann noch beschriftet.

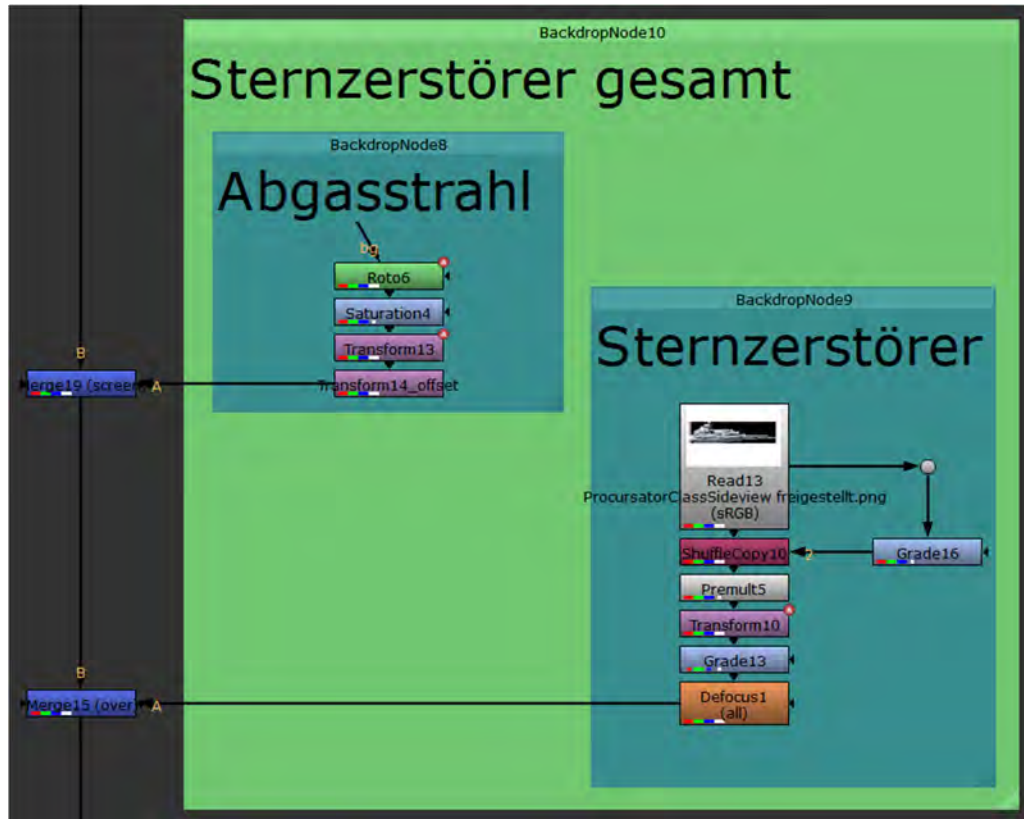


Abbildung 4.69 Backdrop-Node für Sternzerstörer und Abgasstrahl

4.2.8 Implementierung dynamischer Elemente im Compositing: hier rote Aura

In diesem Abschnitt soll für „den Bösewicht“ eine Art Energieaura (freies VFX-Material²¹¹) erstellt werden, mit der er sich vor dem Kampf „auflädt“. Dieser Effekt ist als Container vorhanden und wurde in eine PNG-Bildsequenz umgewandelt, in Nuke importiert und in den Node-Graph gezogen.

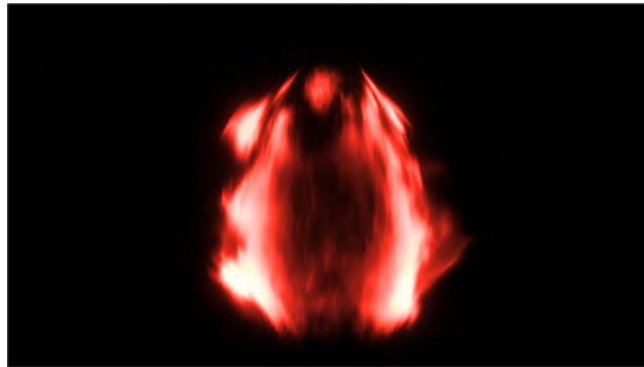


Abbildung 4.70 VFX-Clip für rote Aura

Die PNG-Bildsequenz der Aura wird mit einer Merge-Node in den Node Tree eingebunden, jedoch diesmal mit dem „exclusion“-Operator (erzielt hier gewünschte Optik) und die Deckkraft („mix“) wird von 1 auf 0,3 verringert. Es sollte darauf geachtet werden, dass in der Merge-Node unter dem Punkt „frame“ und „start at“ die korrekte Start-Frame-Nummer eingetragen ist, ansonsten wird hier händisch „1001“ eingetragen. Mit einer Transform-Node wird die Aura skaliert und über dem „Bösewicht“ positioniert. Mit einer Blur-Node wird die Aura etwas weich gezeichnet. Da die Bildsequenz der Aura viel länger als benötigt ist, wird die Merge-Node animiert bzw. werden Keyframes gesetzt und so an der gewünschten Stelle ausgeblendet bzw. gefaded (Deckkraft von 0,3 auf 0 verringert). Der erste Keyframe ist (automatisch) bei Frame 1001 (Beginn des Clips), bei Frame 1080 wird ein Keyframe mit ebenfalls 0,3 gesetzt und bei Frame 1095 wird die Deckkraft („mix“) auf 0 gesetzt (Zustand 0 bleibt danach weiter bestehen). Somit wird zwischen Frame 1080 und 1095 die Deckkraft immer weiter verringert (vom Programm interpoliert) und so gefaded.

Diese Ebene wird im Node Tree unter dem rechten Rauch eingefügt.

²¹¹ <http://footage.productioncrate.com/magic-powers.html>

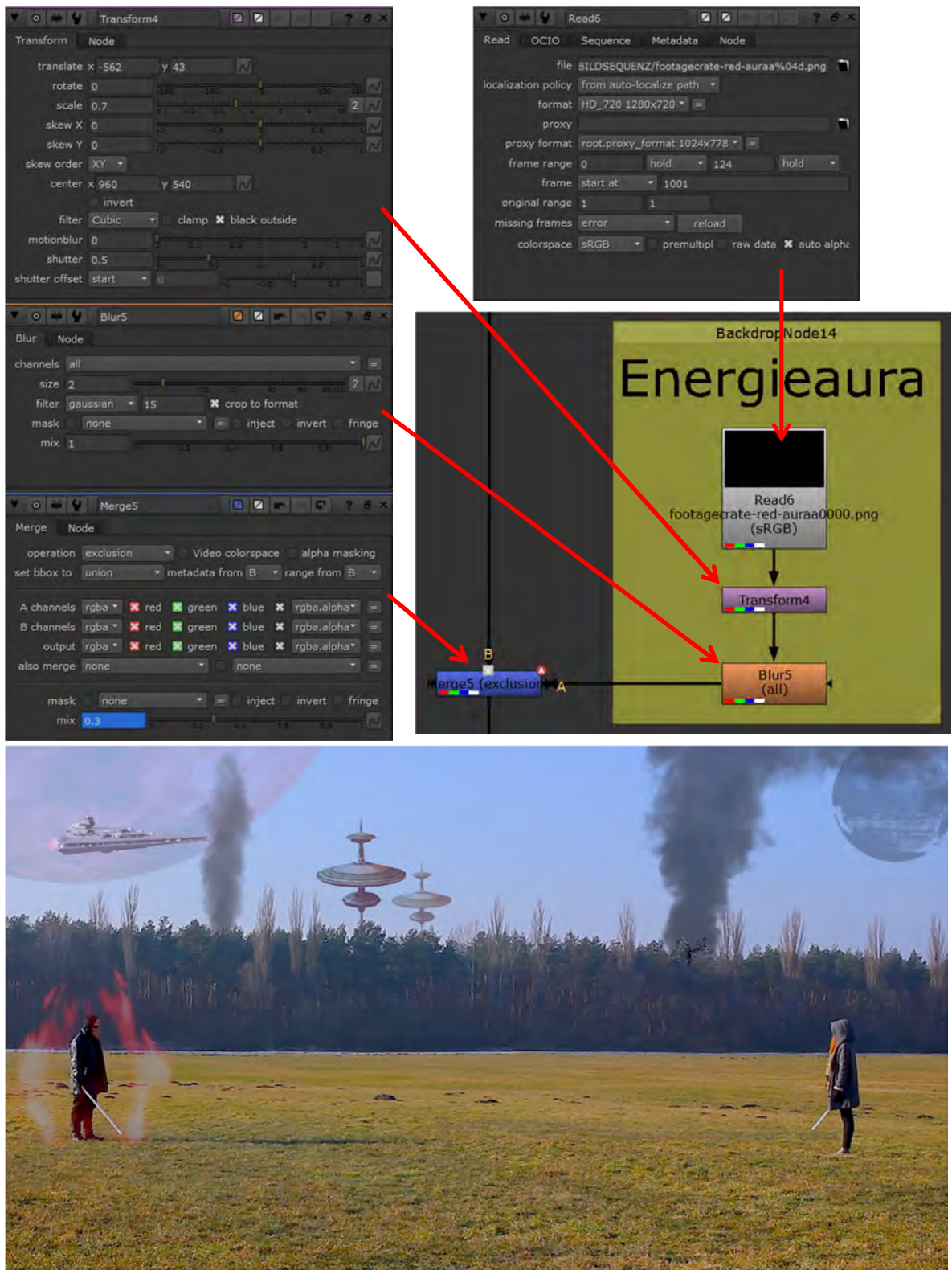


Abbildung 4.71 Energieaura im Node Tree, Einstellungen der Nodes und Darstellung im Viewer

Die Einbindung der Aura wäre hiermit grundsätzlich abgeschlossen. Jedoch würde es mehr nach „Energie“ aussehen, wenn sich die Aura nicht so schnell wie richtiges Feuer bewegen würde. Um die Geschwindigkeit der Aura zu verringern, kann die Node „OFlow“ verwendet werden. Bei Verringerung der Geschwindigkeit werden die somit fehlenden Bilder interpoliert, sodass die Bewegung nicht abgehackt wirkt. Es wurden die Default-Einstellungen verwendet. In den Default-Einstellungen wird die Geschwindigkeit halbiert.

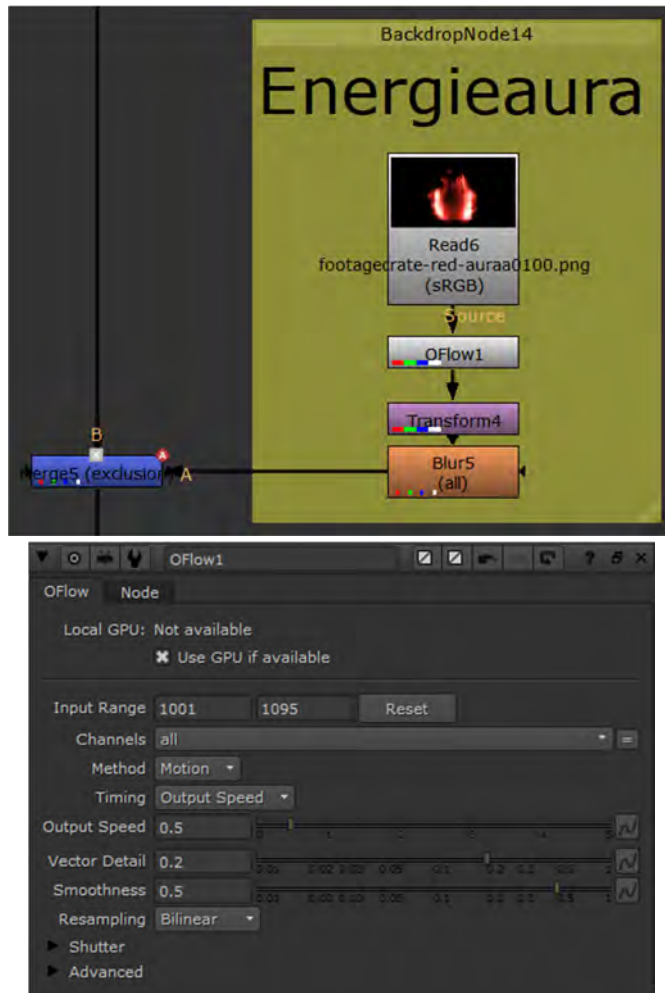


Abbildung 4.72 Energieaura im Node Tree mit OFlow-Node und Einstellungen der OFlow-Node

4.2.9 Implementierung dynamischer Elemente im Compositing: hier Druckwelle

Während der Kampfszene kommt es kurz vor der Hälfte des Clips dazu, dass der Böse seine Gegnerin „magisch“ festhält und dann mit seinen Kräften wegschleudert. Um dieses auch visuell darzustellen, soll an der entsprechenden Stelle eine „magische Druckwelle“ eingefügt werden. Diese ist ebenfalls freies VFX-Material²¹² und liegt als Video-Container (*.MOV) vor. Dieser Container wurde wieder in eine PNG-Bildsequenz umgewandelt, in Nuke importiert und in den Node-Graph gezogen und steht dann als Read-Node zur Verfügung.

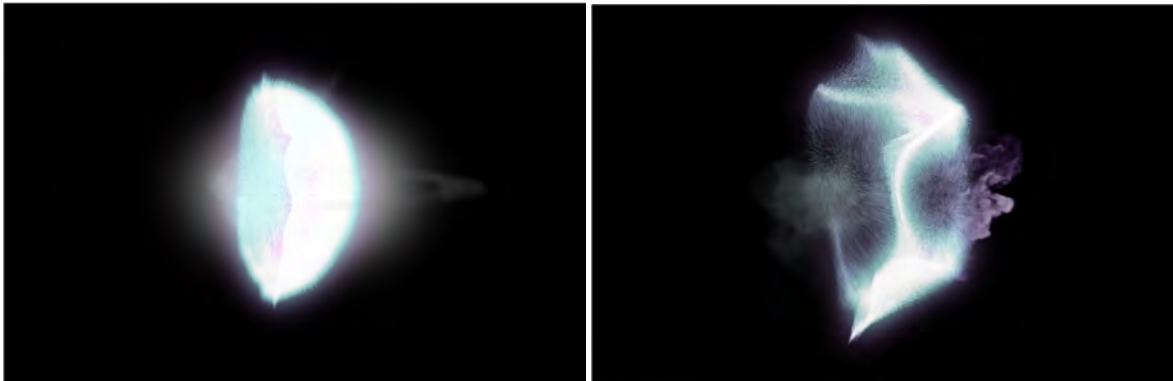


Abbildung 4.73 VFX-Clip für Druckwelle (zwei Beispielbilder aus dem VFX-Clip)

Grundsätzlich wird hier so wie bei den Gebäuden vorgegangen. Die Read-Node (hier die Bildsequenz der Druckwelle) wird mit ShuffleCopy in den Alpha- und RGB-Teil aufgesplittet und der RGB-Teil farblich verändert. Es wird auch wieder mit der Premult-Node vormultipliziert und mit der Transform-Node die Position und die Skalierung festgelegt. Mit der Merge-Node (over-Operator) wird diese Ebene in die Main-Pipe nach der „Energieaura“ eingefügt, jedoch nicht mit 100% Deckkraft, da dies zu aufgesetzt und nicht glaubwürdig wirkt, sondern mit 15% (mix = 0,15).

Die farbliche Veränderung wird hier nicht mit einer Grade-Node durchgeführt, sondern mit der Node „HueShift“. Mit der Einstellung „hue rotation“ kann man den Regler verschieben und die komplette Farbe des Elements wird verändert (so als ob man am Farbrad dreht und so die bestehende Farbe in eine andere abändert.). Wie in der vorigen Abbildung zu sehen ist, passt die Farbe nicht zum „Bösewicht“ und soll mit der HueShift-Node in Rot geändert werden. Die nächste Abbildung soll diese Farbänderung zeigen. Damit die Änderung hier besser zu sehen ist, wird bei der Merge-Node die Deckkraft kurz auf 100% (mix = 1) eingestellt.

²¹² <http://footage.productioncrate.com/magic-powers.html>

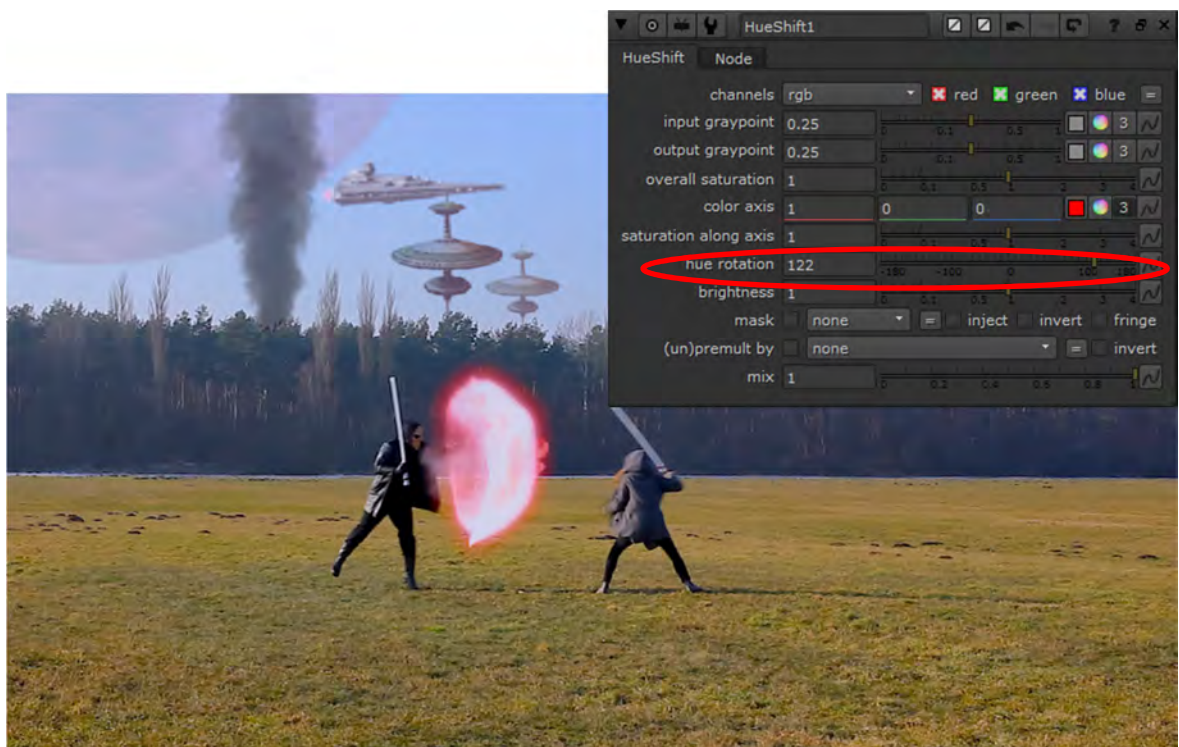
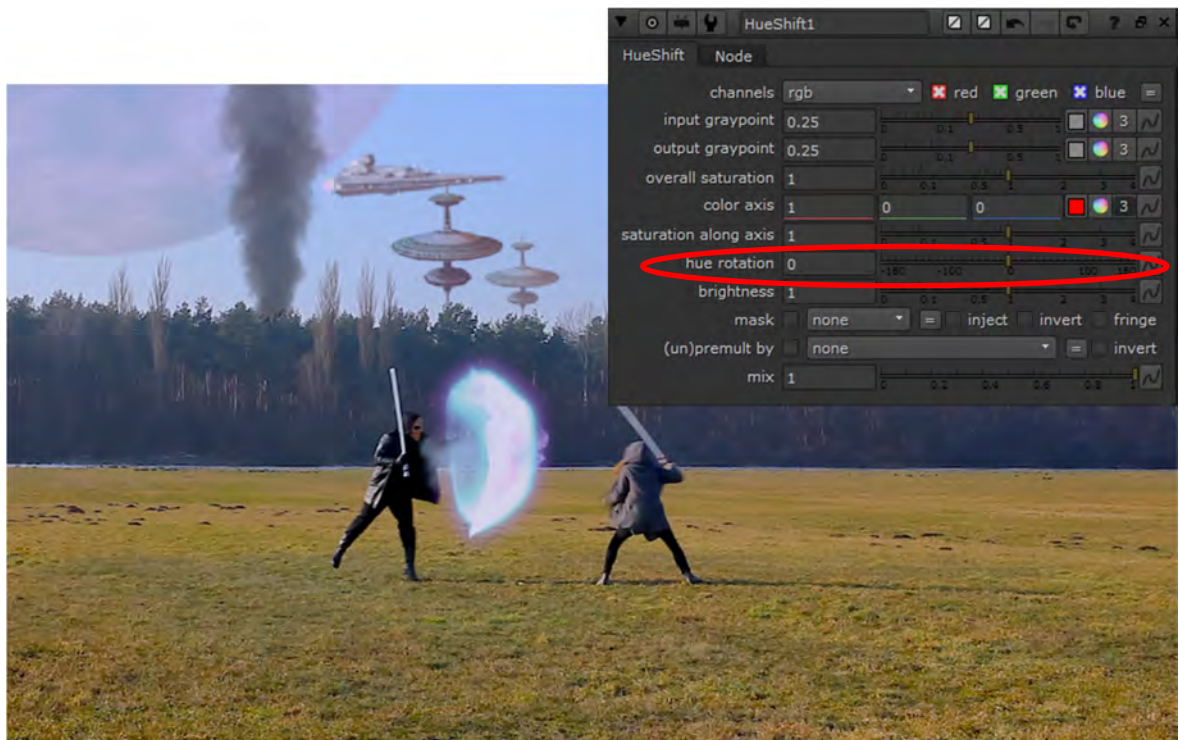


Abbildung 4.74 Druckwelle ohne (oben) und mit Farbänderung (HueShift-Node) (unten) und Einstellungen der HueShift-Node (hue rotation)

Damit die Druckwelle beim gewünschten Frame startet, analysiert man zunächst den Clip. Den gewünschten Start-Frame für die Druckwelle trägt man in den Einstellungen der Read-Node ein (Frame 1407) bzw. einen Frame später (Frame 1408) startet dann die Bildsequenz.

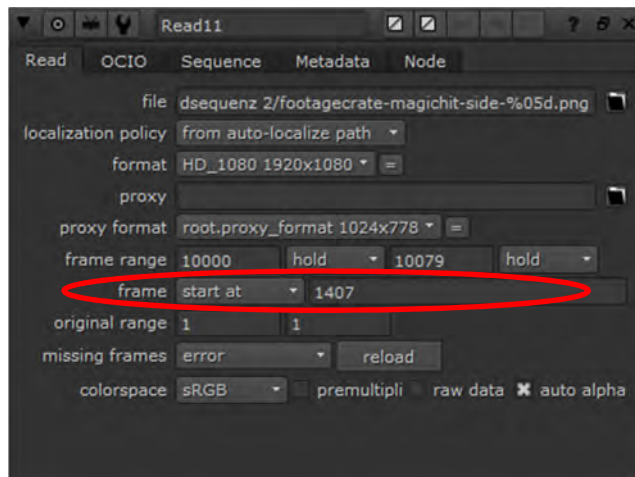


Abbildung 4.75 Druckwelle Start-Frame in Read-Node

Die nächste Abbildung zeigt die Druckwelle-Ebene im Node Tree und das Ergebnis im Viewer.

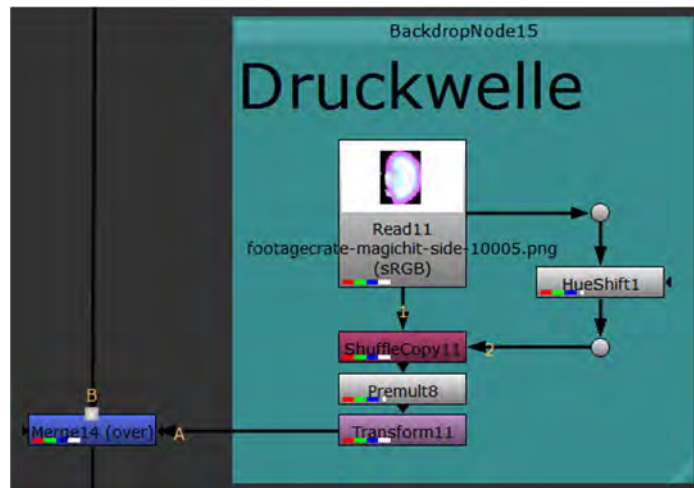


Abbildung 4.76 Energieaura im Node Tree, Einstellungen der Nodes und Darstellung im Viewer

4.2.10 Implementierung eines Camera-Shakes

Zuvor wurde die Implementierung der Druckwelle dargestellt. Um die Druckwelle noch realistischer darzustellen, soll nun ein „Camera Shake“ (Wackeln der Kamera) simuliert werden. Hierfür gibt es die Node „CameraShake“.

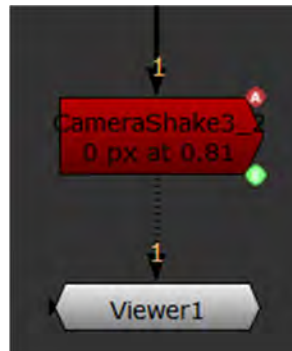


Abbildung 4.77 Node „CameraShake“ im Node Tree (am Ende)

Diese Node wird an das Ende des Node Trees platziert, damit sich alle eingefügten Elemente im Compositing beim Camera Shake mitbewegen, wenn dieser aktiv ist. Ist die Node im Node-Graph und auch mit dem Node Tree verbunden, müssen einige Einstellungen vorgenommen werden. Zunächst sieht man ein Fadenkreuz der Node, das hier in die Mitte des Bildes verschoben wird. In der Node werden drei Keyframes gesetzt. Da die Druckwelle bei Frame 1408 startet, muss man einen Frame vorher einen Keyframe setzen, bei dem kein Wackeln sein soll („amplitude“ = 0). Der nächste Keyframe, bei Frame 1408, ist der Keyframe, wo das Wackeln beginnen soll. In der CameraShake-Node wird die Amplitude („amplitude“), sprich die Stärke des Wackelns festgelegt (hier 20) und mit „frequency“ (hier 0,85) wird festgelegt, wie schnell das Wackeln sein soll. Mehr Einstellungen wurden hier nicht geändert. Jedoch kann man dem Wackeln auch eine Rotation und eine Skalierung sowie Motion Blur hinzufügen. Nun wird noch ein letzter Keyframe gesetzt, wo kein Wackeln mehr sein soll. Dafür wurde Frame 1431 ausgewählt. Somit steigt das Wackeln von Frame 1407 zu 1408 sprunghaft an und läuft dann bis Frame 1431 aus und bleibt danach aus. Der Kurvenverlauf, hier für die Amplitude, kann im Curve Editor betrachtet werden.

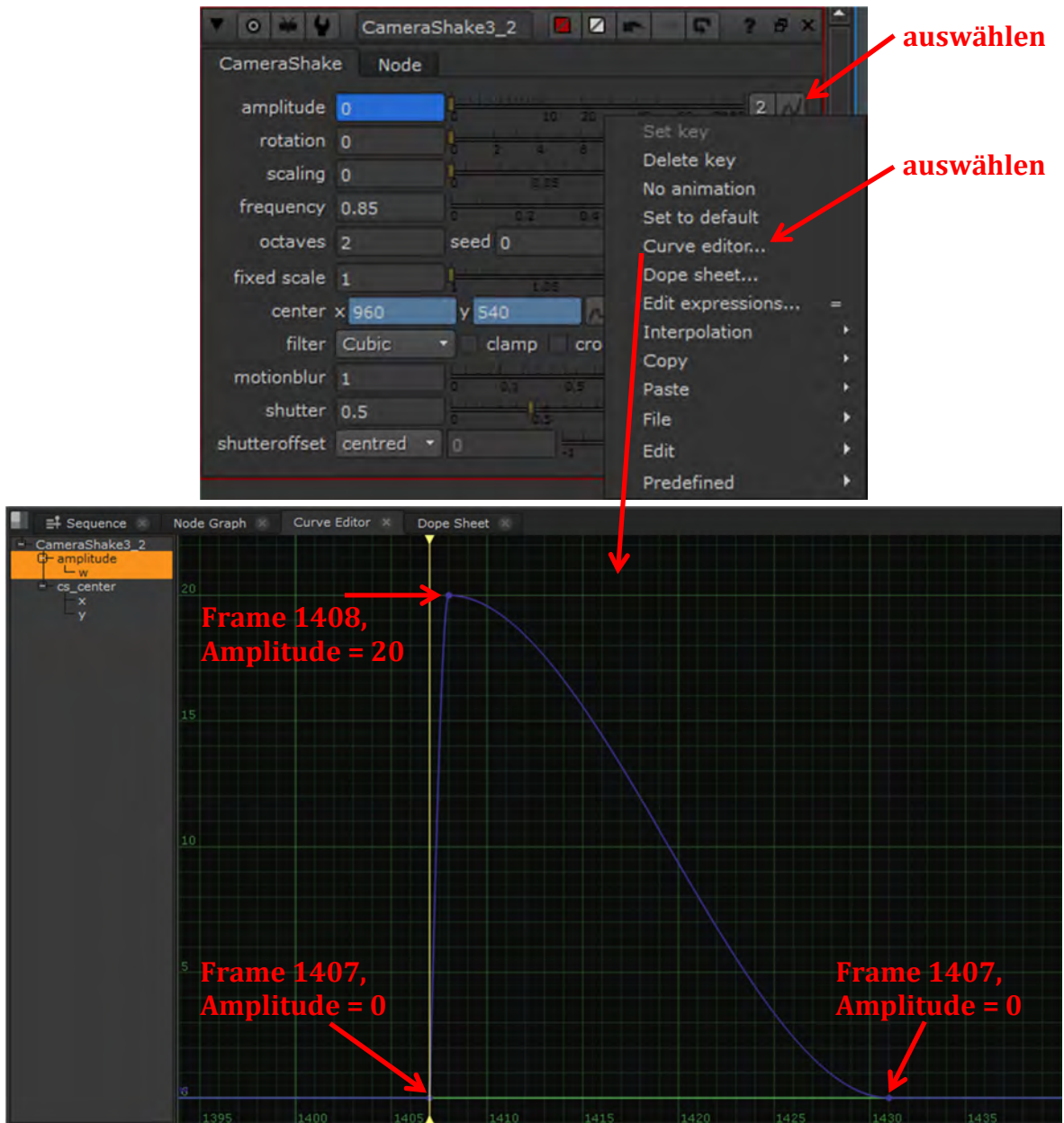


Abbildung 4.78 Keyframes für Amplitude der Node „CameraShake“ im „Curve Editor“

Die nächsten Abbildungen zeigen die Einstellungen der CameraShake-Node und die Darstellung im Viewer für die drei Keyframes.

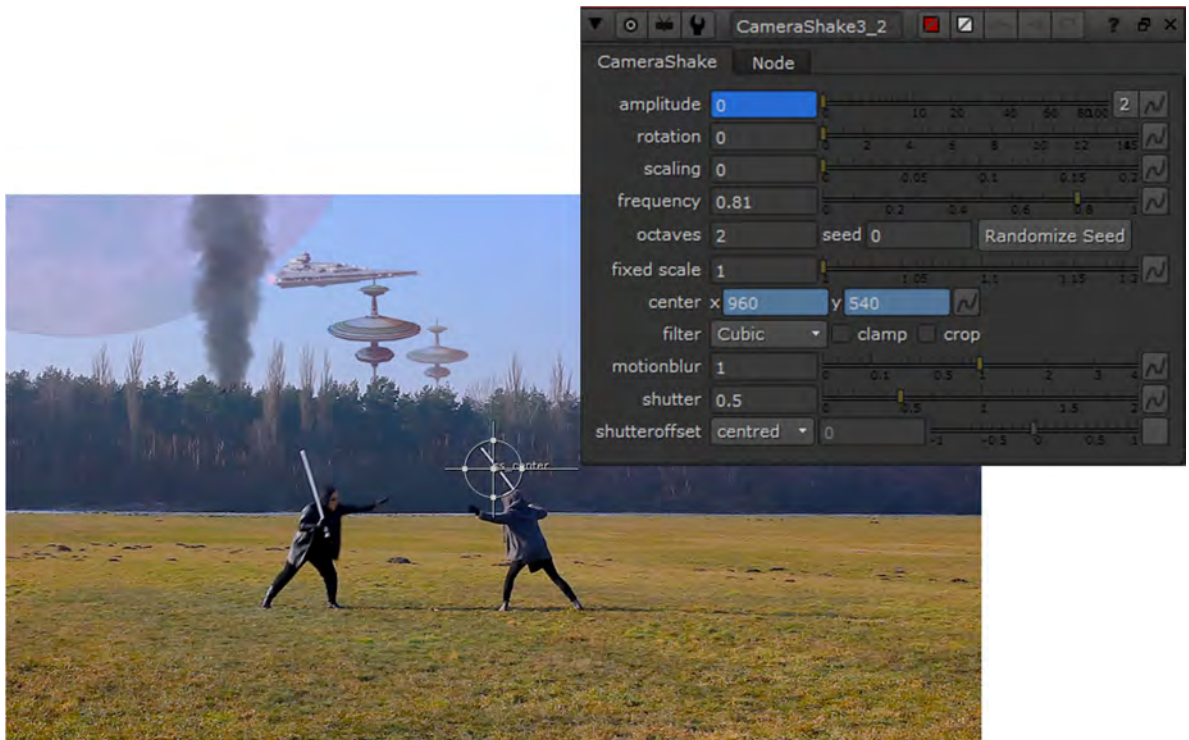


Abbildung 4.79 Node „CameraShake“ im Viewer (Keyframe bei Frame 1407) und Einstellungen der Node

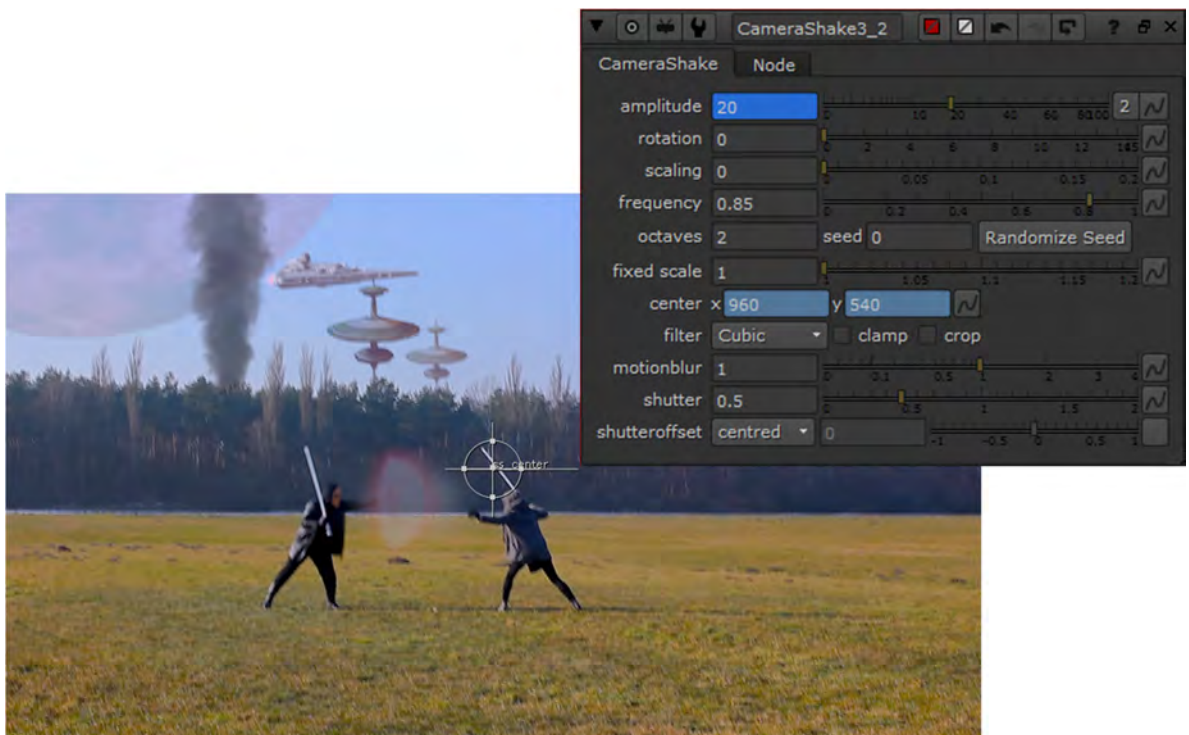


Abbildung 4.80 Node „CameraShake“ im Viewer (Keyframe bei Frame 1408) und Einstellungen der Node

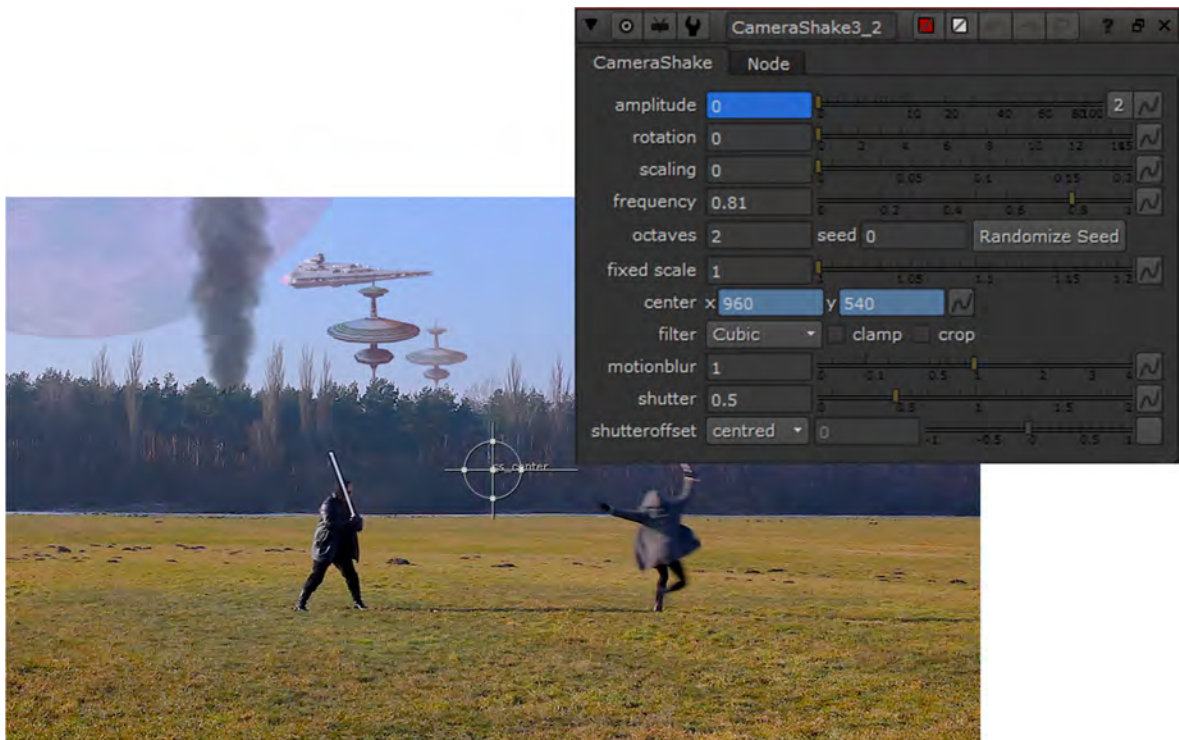


Abbildung 4.81 Node „CameraShake“ im Viewer (Keyframe bei Frame 1431) und Einstellungen der Node

4.2.11 Lichtschwerter kreieren

Für das Erstellen der Lichtschwerter als visueller Effekt wird das Rotoskopieren angewendet.

Hierfür bietet NUKE zwei Nodes an, die Roto- und die Rotopaint-Node.

Der Unterschied zwischen den beiden Nodes ist, dass man mit der Roto-Node nur Kurven und somit Umrisse erzeugen kann und diese Node im Default nur einen Alpha-Kanal ausgibt.

Die Rotopaint-Node hat auch zusätzlich noch Painting-Tools, man sie z.B. von Photoshop kennt (brush, eraser, clone-stamping, blur, smear etc.) und gibt im Default RGBA aus. Bezogen auf die Funktionalität der zu erstellenden Kurven bzw. Umrisse sind beide identisch. Hier wird mit der Roto-Node gearbeitet, um die Form des Lichtschwertes zu erstellen. Das Lichtschwert hat eine runde Spitze und somit wird in der Roto-Node die „B-Spline“ gewählt, um die Form mit runder Spitze zu kreieren. Nach Auswahl des Werkzeugs wird zunächst soweit in das Bild hineingezoomt wie möglich, um genau zu arbeiten und es werden hier fünf Punkte für die runde Spitze und zwei Punkte für den unteren Teil des Lichtschwertes (so wenig wie nötig) entlang des Lichtschwertes gesetzt und am Ende die Kurve geschlossen (nach Setzen des letzten Punkts den ersten anklicken, um diese zu verbinden und somit die Kurve zu schließen).

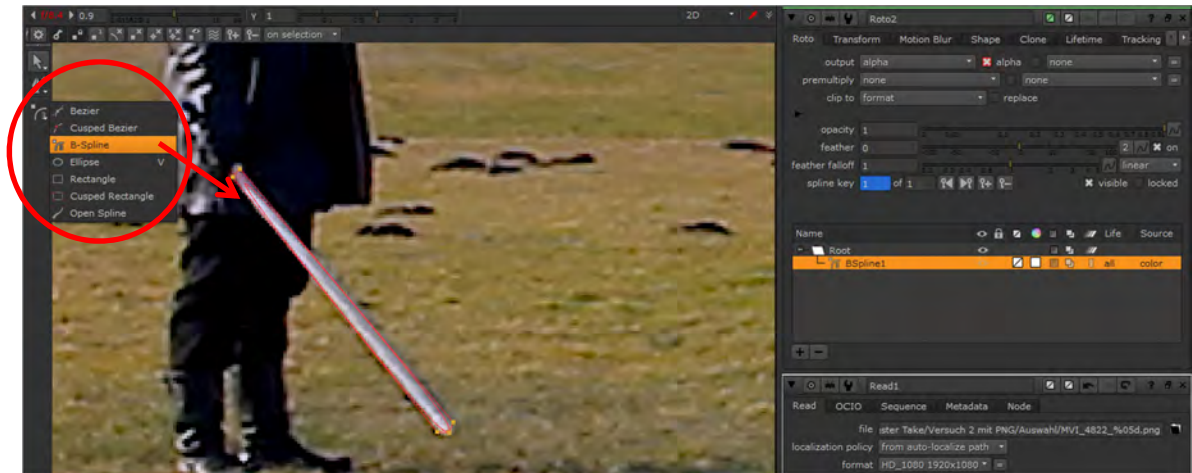


Abbildung 4.82 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline

Jedoch entspricht das Ergebnis nicht dem gewünschten und muss somit angepasst werden. Die Kurve an den Punkten am Griff des Lichtschwerts soll eckig und nicht rund sein.

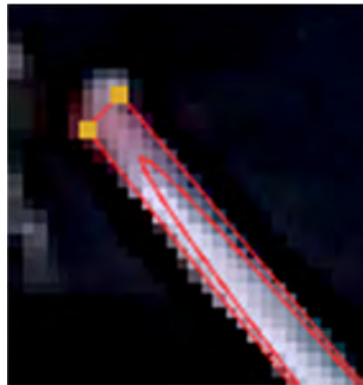


Abbildung 4.83 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline vor Anpassung

Somit müssen die Punkte am Griff modifiziert werden. Hierfür markiert man den ersten Punkt am Anfang des Lichtschwerts, drückt rechte Maustaste und wählt im erscheinenden Menü „cusp/de-smooth“ aus und die runde Kurve wird wie gewollt zu Ecke. Auch der zweite Punkt am Griff wird so geändert. Man kann auch beide Punkte auswählen und den Shortcut „shift + z“ nutzen.

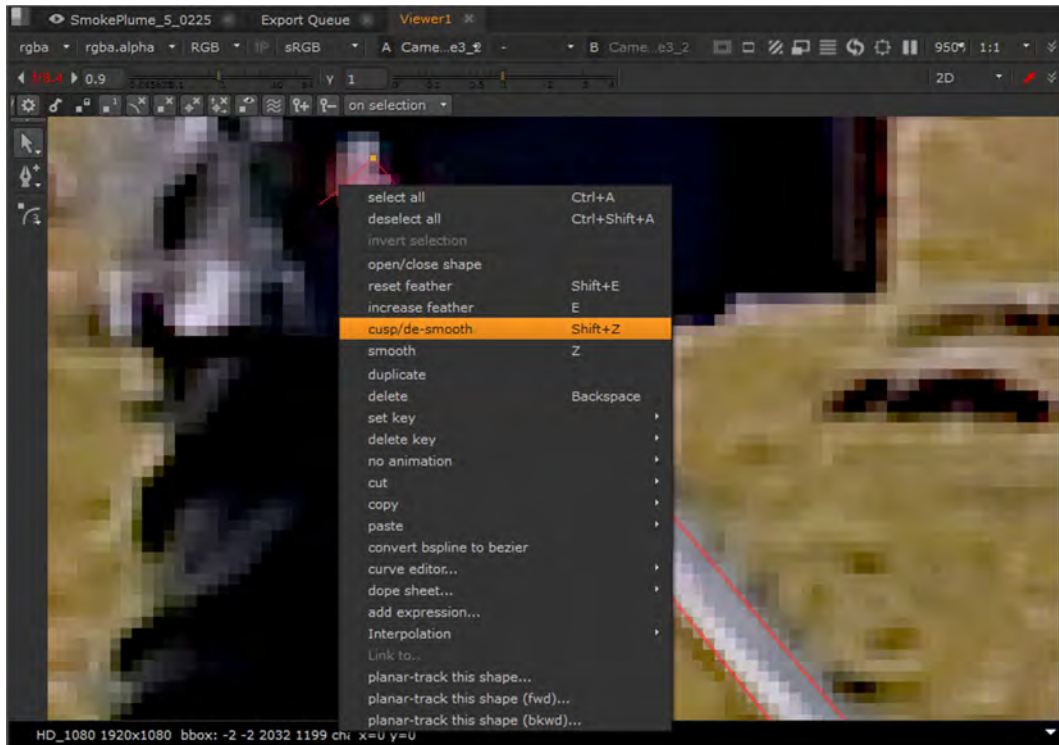


Abbildung 4.84 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline Punkte anpassen

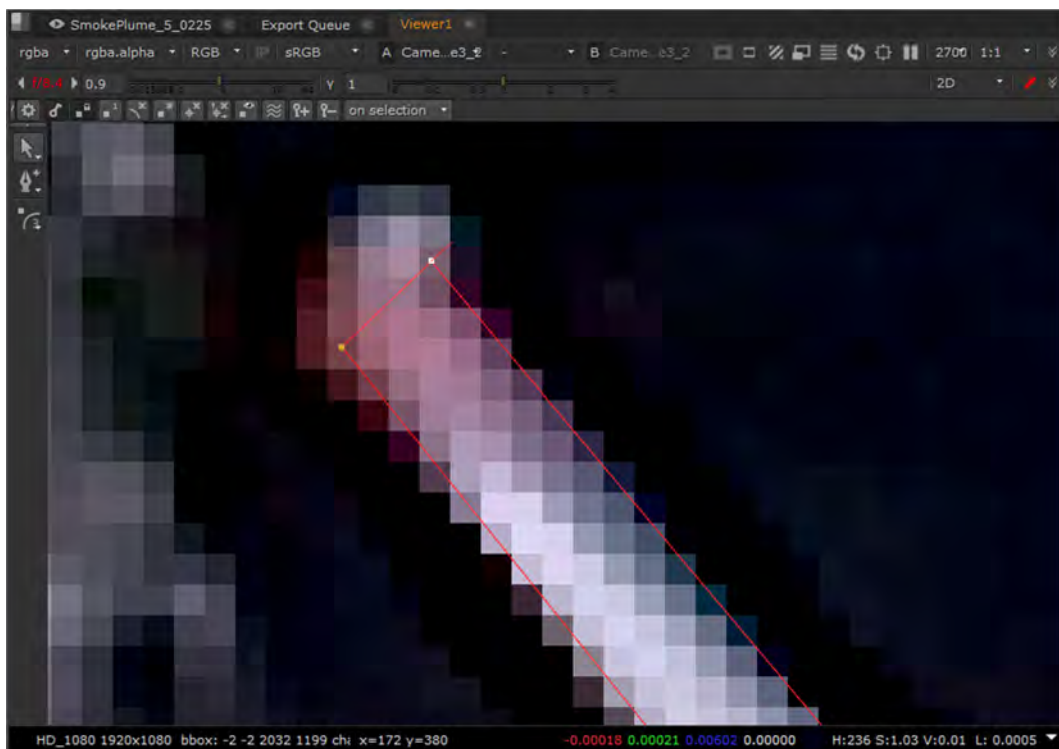


Abbildung 4.85 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline Punkte am Griff angepasst

Nach Anpassung der Punkte am Griff, werden auch die Punkte am Ende des Lichtschwerts angepasst, so dass die Kurve der Form des Lichtschwerts entspricht. Die Punkte werden einfach einzeln verschoben. Das Ergebnis der Anpassung wird im folgenden Bild ersichtlich.

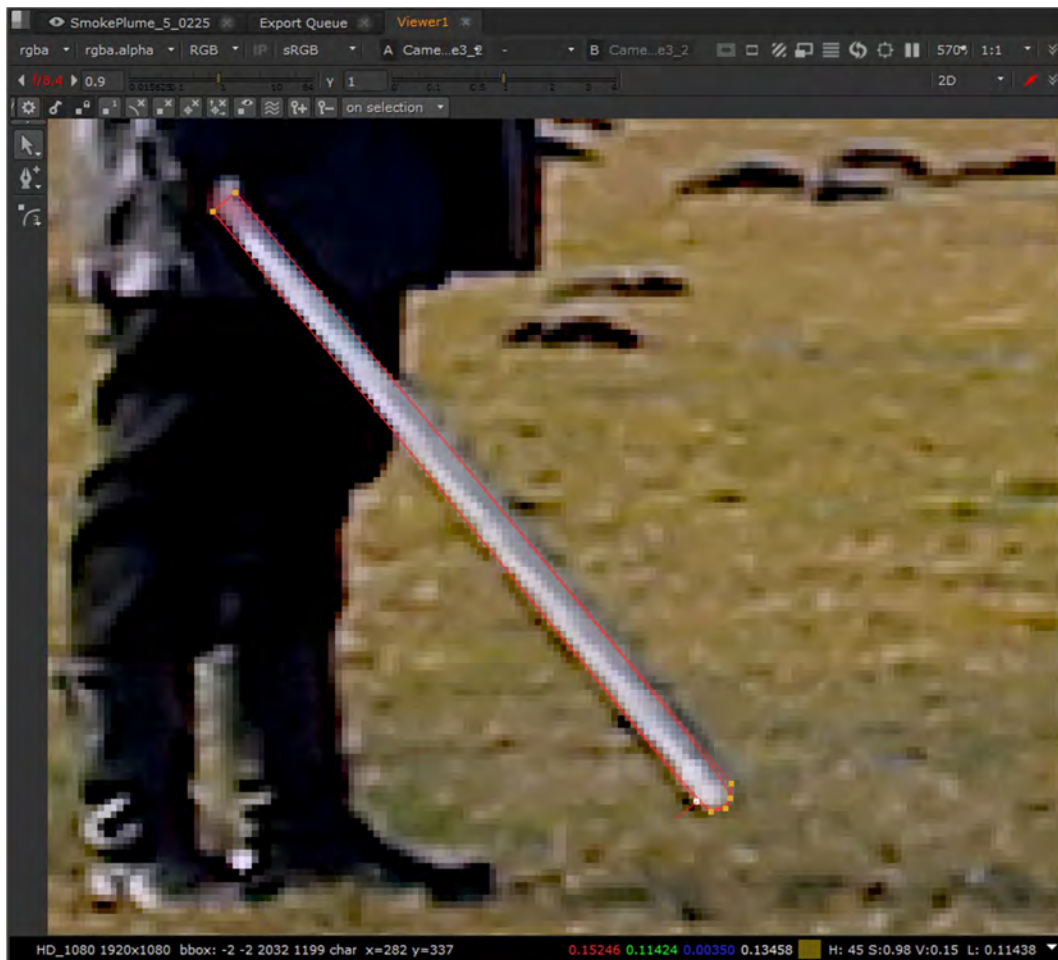


Abbildung 4.86 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline angepasst

Die Dicke des Lichtschwerts kann auch verändert bzw. festgelegt werden und um genau zu arbeiten kann man das Nummernfeld der Tastatur nutzen (4=links, 6=rechts, 8=hoch, 2=runter und 7, 9, 1, 3 für die Diagonalen). Diese kann auch später noch optimiert werden, da um das Lichtschwert auch ein „Leuchten“ erstellt wird.

Auch können die Punkte, z.B. die Punkte an der Spitze des Lichtschwerts, gruppiert und dann transformiert werden. Hierzu werden die Punkte markiert (Fenster mit gedrückter linker Maustaste ziehen). Die Gruppe kann nun transformiert (Skalieren, Rotation und Verschieben) werden. Die Mitte der Gruppierung kann mit „STRG“ bewegt/verschoben werden, was in der nächsten Abbildung dargestellt wird.

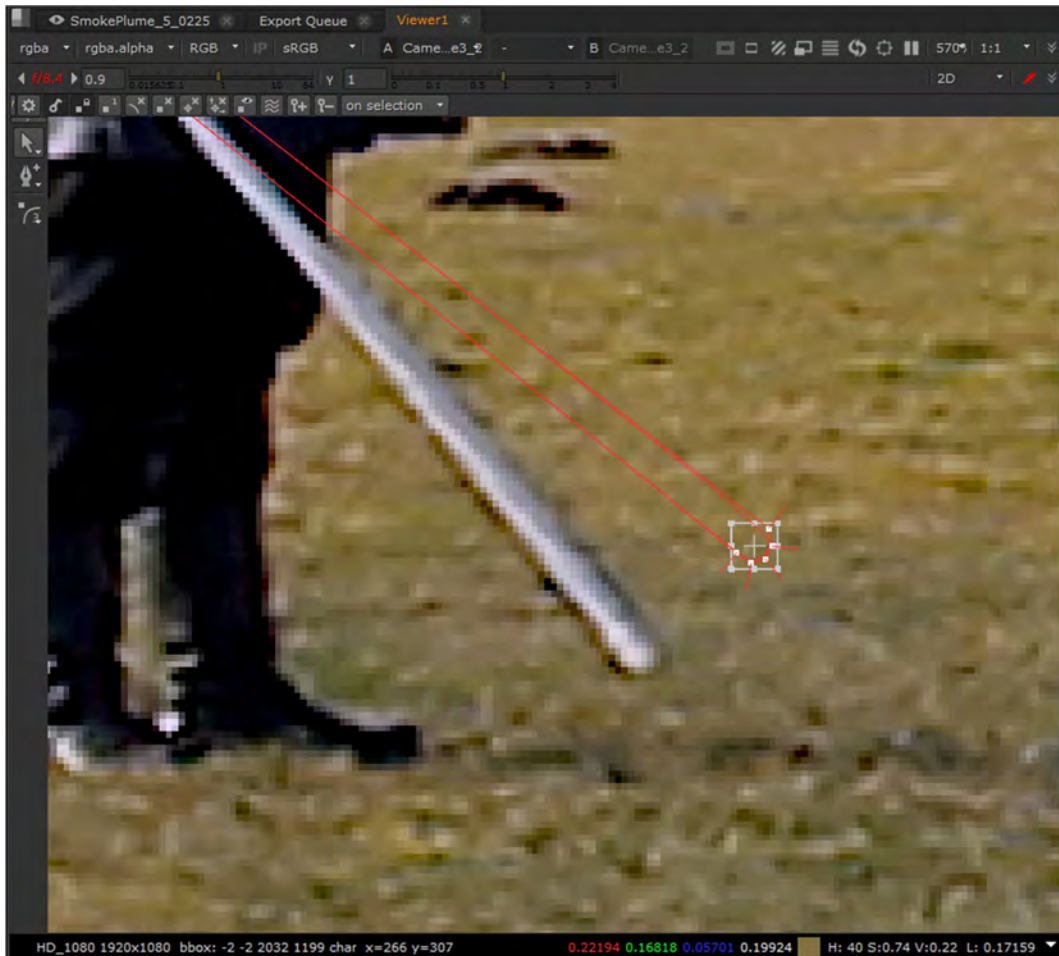


Abbildung 4.87 Erstellung Lichtschwert-Effekt, B-Spline: Beispiel Gruppierung von Punkten und Transformation

Betrachtet wurde bis jetzt nicht die Roto-Node selber (sie wurde nur im Node Graph erstellt und im Viewer wurde das Ausgabebild [Clip mit Rauch und Todesstern] angezeigt). Jetzt wurde die Roto-Node mit dem Viewer verbunden und man sieht, dass sie im Default nur einen Alpha-Kanal liefert.

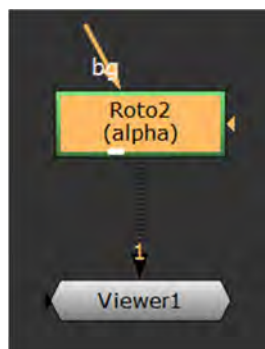


Abbildung 4.88 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node verbunden mit Viewer

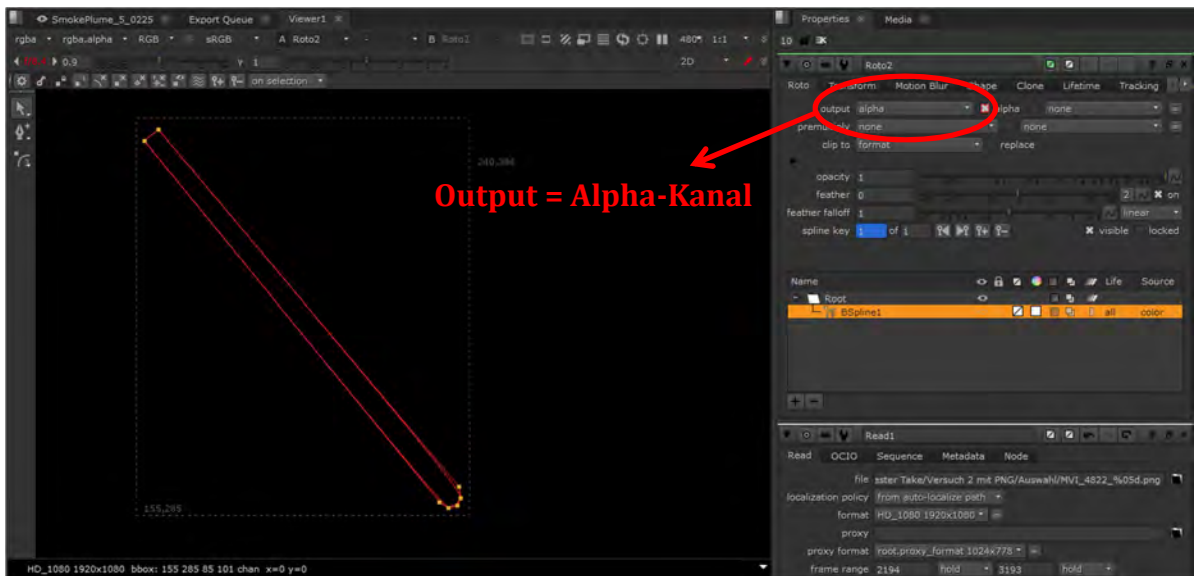


Abbildung 4.89 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node: Output = Alpha (default)

Um nun die Kurve mit Farbe zu füllen, muss von Output = Alpha auf Output = RGBA umgestellt werden.
Hier wird der Inhalt der geschlossenen Kurve zunächst weiß ausgefüllt, welches geändert werden kann.

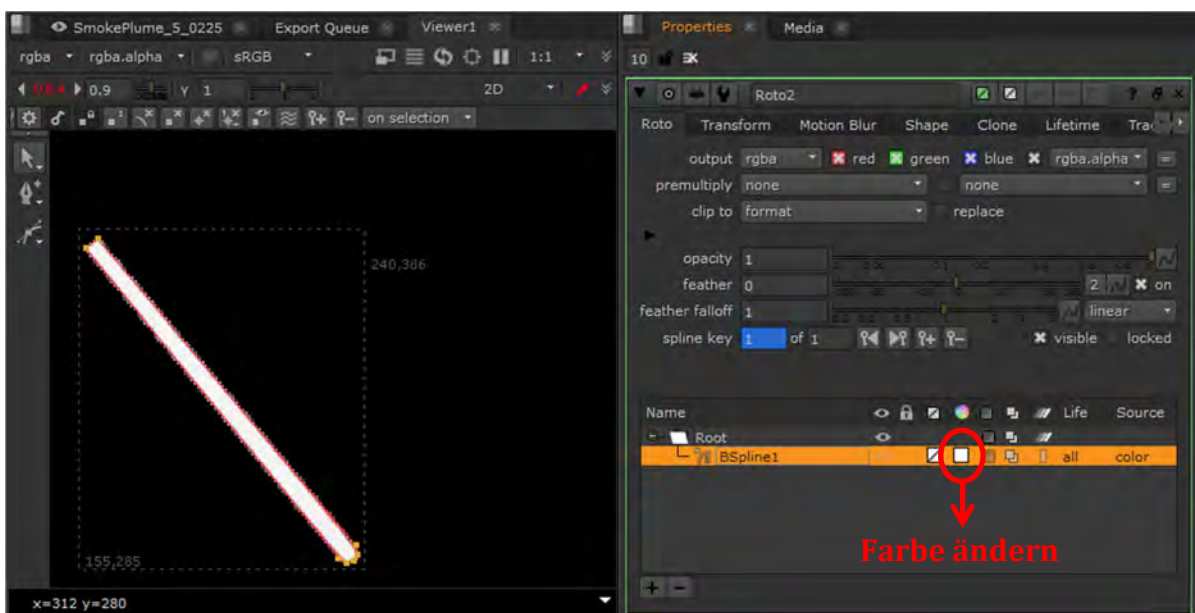


Abbildung 4.90 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node: Output = RGBA

Nach anklicken des markierten Punktes erscheint ein Fenster, in dem man die Farbe auswählen kann.

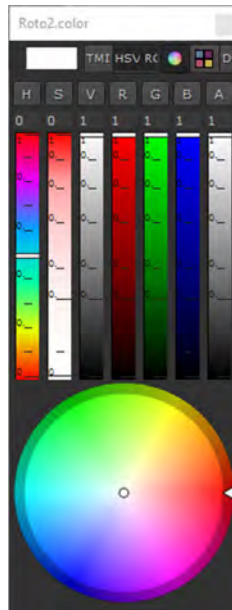


Abbildung 4.91 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node: Output = RGBA, Farbe innerhalb der Kurve ändern

Das Resultat der Farbänderung sieht erstmal wie folgt aus und kann jederzeit angepasst werden.

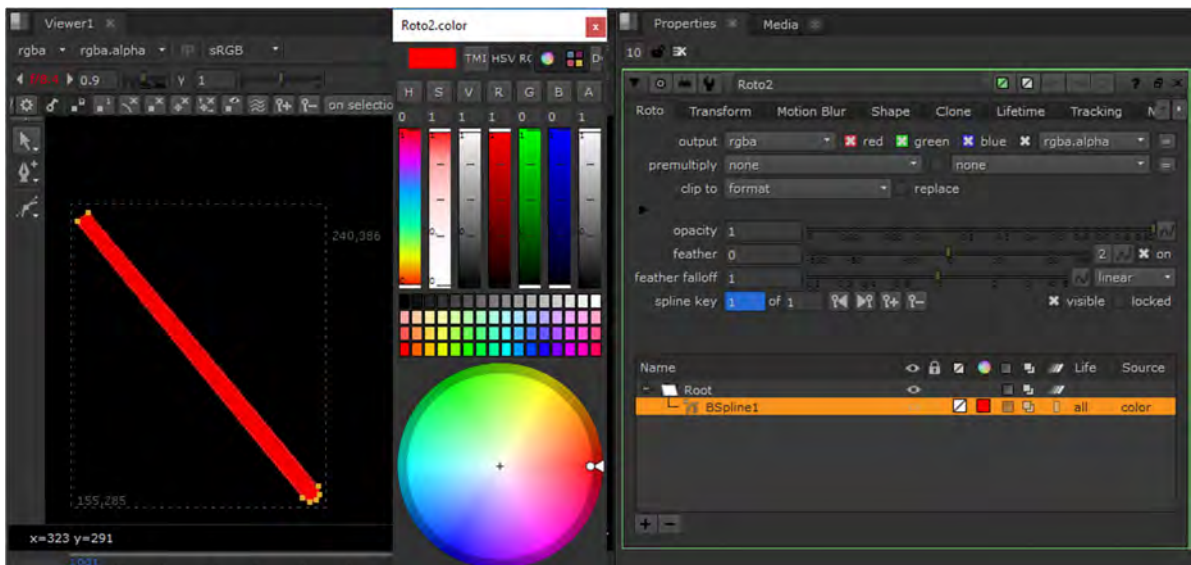


Abbildung 4.92 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node: Output = RGBA, Farbe innerhalb der Kurve ändern

Das geöffnete „Farbfenster“ braucht nun lediglich geschlossen werden („x“).

Der nächste Schritt ist das Einbauen der Roto-Node in den restlichen Node-Aufbau für die Rotoskopierarbeit. Letztendlich werden die Lichtschwerter kurz vor Ende des Node Trees (vor dem Block zum Entrauschen, Schärfen, Farbanpassungen und Sättigung und somit auch vor der CameraShake-Node) in den Node Tree eingebunden, da sie die vordersten Elemente sind.

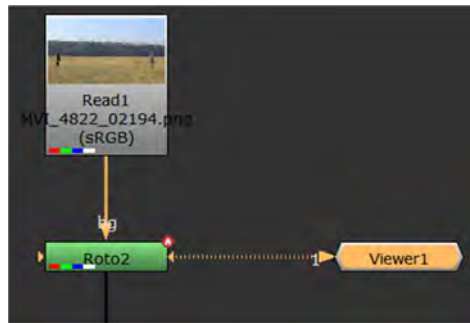


Abbildung 4.93 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node verbunden im gesamten Node-Aufbau



Abbildung 4.94 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node verbunden im gesamten Node-Aufbau im Viewer

Die Roto-Node definiert die Größe abhängig vom Bildformat. Sollte bei geringerer Auflösung gerade gearbeitet werden (und auch generell), sind die Einstellungen der Roto-Node zu prüfen. Wenn die Roto-Node schon eingebettet ist, kann man zwar nach anklicken des schwarzen Pfeils (siehe nächste Abbildung) die Format-Einstellung sehen, jedoch nicht anpassen. Dafür muss man die Roto-Node nochmal kurz vom Hauptstrang lösen und die Einstellung auf die gewünschte (hier HD) ändern. Danach kann sie wieder verbunden werden.

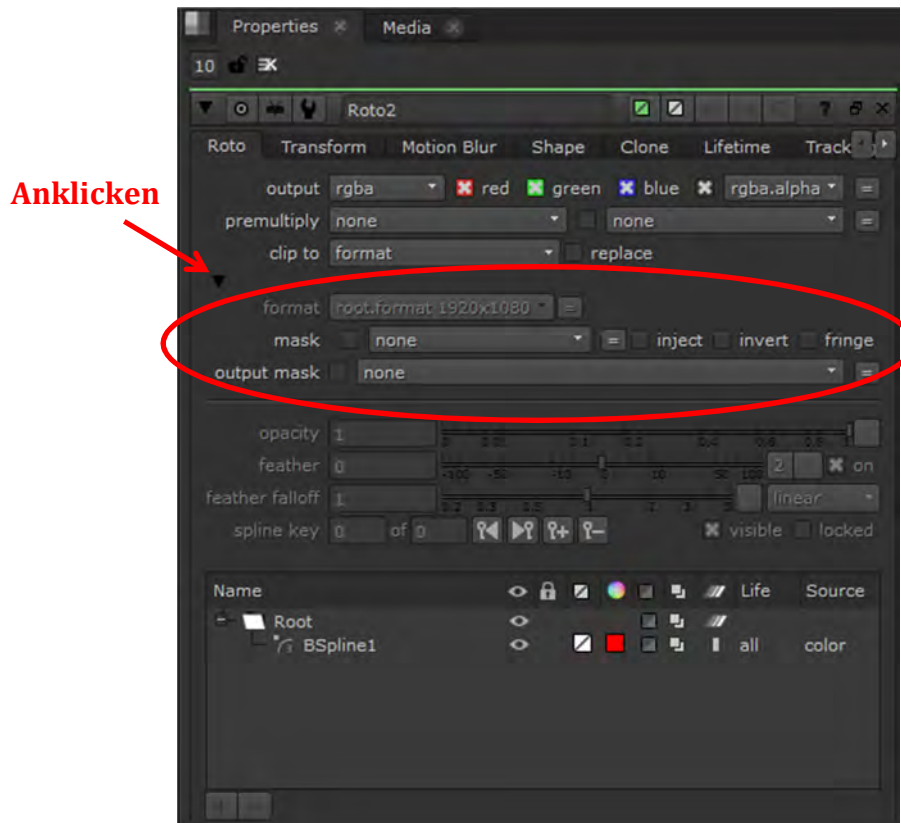


Abbildung 4.95 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node Einstellungen, Roto-Node nicht gelöst

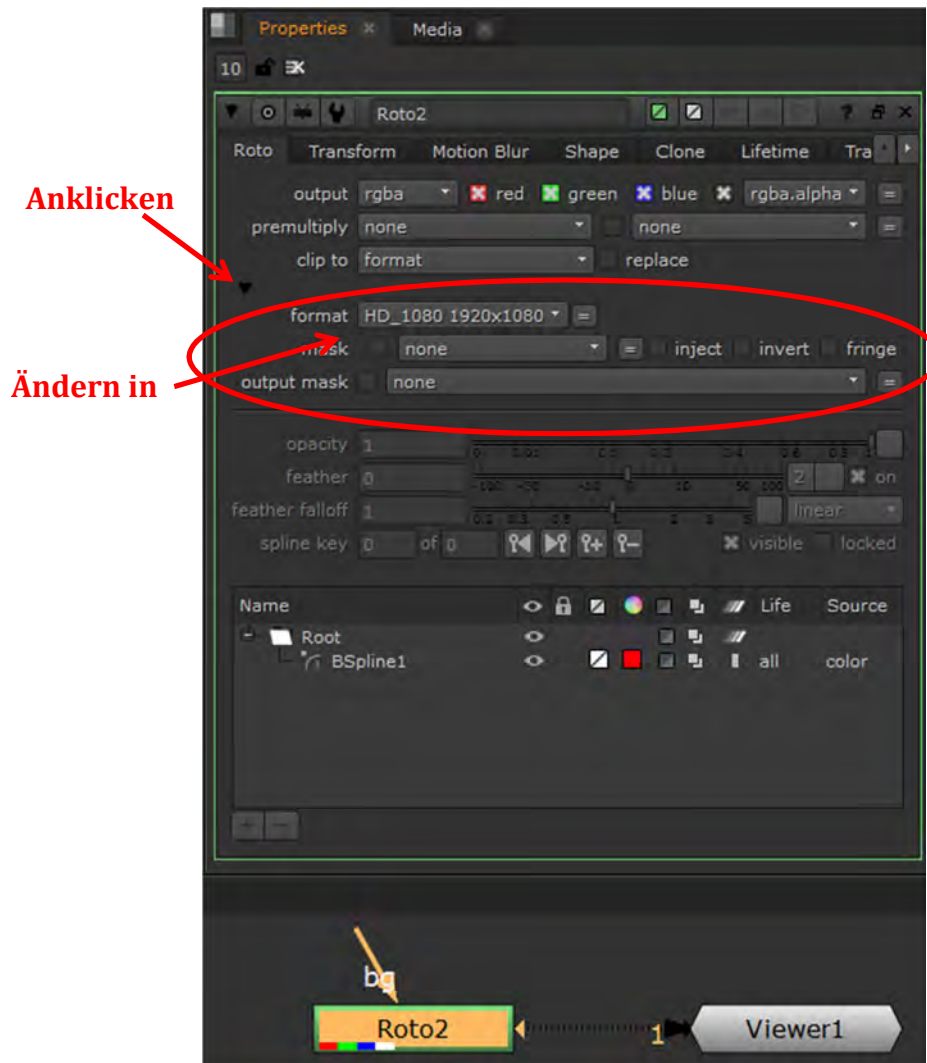


Abbildung 4.96 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Roto-Node Einstellungen, Roto-Node vom Rest gelöst

Die Hauptschwierigkeit besteht nun darin, dass die Kurve (Umriss des Lichtschwerts) sich korrekt mit dem Lichtschwert im Clip mitbewegt, speziell die Punkte am Ende des Lichtschwerts (die Rundung).

Um es sich einfacher zu machen, wird einmal das Hauptbild (Clip) mit dem Viewer verbunden und es wird auch die Roto-Node mit dem Viewer verbunden. Mit den Shortcuts (Nummern „1“ für Clip und „2“ für Roto-Node), kann man dann zwischen beiden hin und her wechseln, um die Wirkung besser beurteilen zu können.

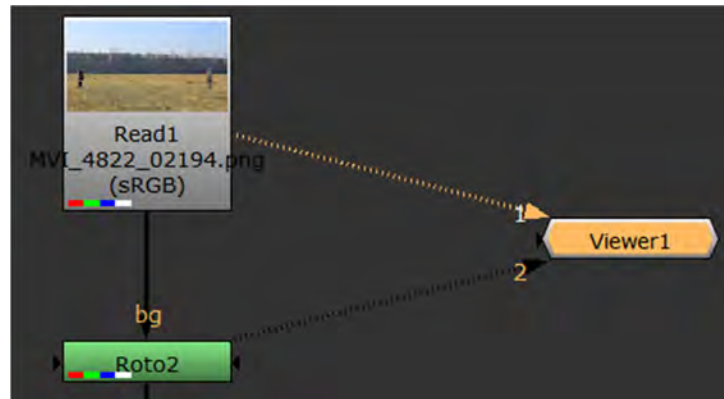


Abbildung 4.97 Erstellung Lichtschwert-Effekt, Verbindung Clip und Roto-Node zum Viewer



Abbildung 4.98 Erstellung Lichtschwert-Effekt, links Clip (1) mit Viewer verbunden, rechts mit Roto-Node (2)

Nun wird die sehr zeitaufwendige Rotoskopierarbeit gemacht, d.h. der zuvor erstellte Umriss des Lichtschwertes muss nun allen folgenden Bildern (Frames) des Clips angepasst werden, damit sich dieser dann korrekt mit dem echten Lichtschwert mitbewegt. So muss dann die Form des Lichtschwertes wie bereits beschrieben Bild für Bild transformiert werden. Teilweise reicht die Auswahl der Punkte der Spitze des Lichtschwertes und deren Verschiebung, in anderen Fällen kommt die Anpassung der Punkte am Griff hinzu. Die nachfolgenden Abbildungen sollen dieses Vorgehen beispielhaft darstellen.



Abbildung 4.99 Vorgehen beim Rotoskopieren

Bei Frames, wo die Klinge nicht als ein „Stück“ zu sehen ist, sondern in zwei Teilen vorhanden ist (wenn das Lichtschwert z.B. durch die Kontrahentin fährt), muss eine weitere Roto-Spline eingefügt werden.

Dafür wird die schon vorhandene Roto-Node ausgewählt, der entsprechende (Start-) Frame ausgewählt und wie schon beschrieben eine Roto-Spline (BSpline) gezeichnet. Dadurch wird in der Roto-Node eine weitere Spline („BSpline“) erstellt. Die Einstellungen dieser Spline werden so angepasst, dass sie denen der ersten Spline entsprechen. Nun passt man auch diesen Umriss für die entsprechenden Frames an.



Abbildung 4.100 Weitere erforderliche Roto-Spline



Abbildung 4.101 Erstellte zweite Roto-Spline



Abbildung 4.102 Zweite Spline mit gleichen Einstellungen wie die erste Spline

Da man nun einen weiteren Spline-Umriss erstellt hat und dieses für eine bestimmte Anzahl an Frames, bleibt der Umriss vor und nach den entsprechenden Frames stehen, was natürlich nicht gewollt ist. Um diesem Problem zu begegnen, braucht lediglich der Umriss ein Frame vor dem ersten relevanten Frame und ein Frame nach dem letzten relevanten Frame aus dem Bild geschoben werden (Spline-Umriss markieren und verschieben) und in der Roto-Node wird die entsprechende Spline ausgewählt und ein Frame davor das Kreuz von „visible“ entfernt und beim nächsten Frame, wo die Spline zu sehen ist, auf „visible“ gestellt. Bei dem Frame, wo dann die Spline nicht mehr zu sehen ist, wird wieder das Kreuz entfernt.

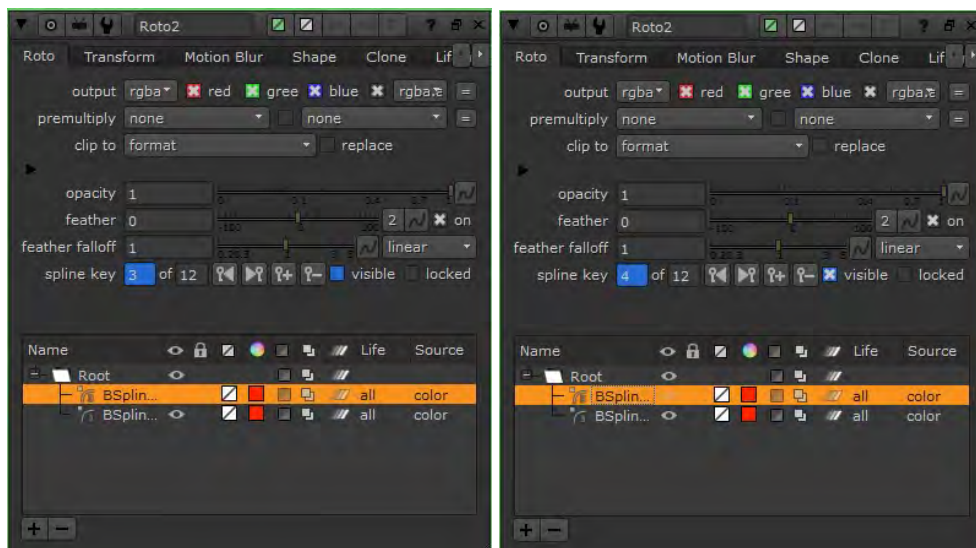


Abbildung 4.103 Spline nicht sichtbar (ausgeblendet) (links) und Spline sichtbar (rechts)

Es sei erwähnt, dass man bei einem Frame, wo das echte Lichtschwert eine Bewegungsunschärfe (Motion Blur) aufweist, der Umriss des Lichtschwerts der Roto-Node mittig platziert werden muss, damit bei anschließendem Hinzufügen des Motion Blur-Effekts in dieser Node die generierte (hier rote) Bewegungsunschärfe (Nachleuchten des Lichtschwerts) auch richtig platziert ist. Der Motion-Blur-Effekt wird in der Roto-Node aktiviert und kann in dem Reiter „Motion Blur“ editiert werden und sollte bei Frames, wo in der Realaufnahme eine Bewegungsunschärfe des Lichtschwerts vorhanden ist kontrolliert und ggf. angepasst werden.



Abbildung 4.104 Bewegungsunschärfe in Realaufnahme

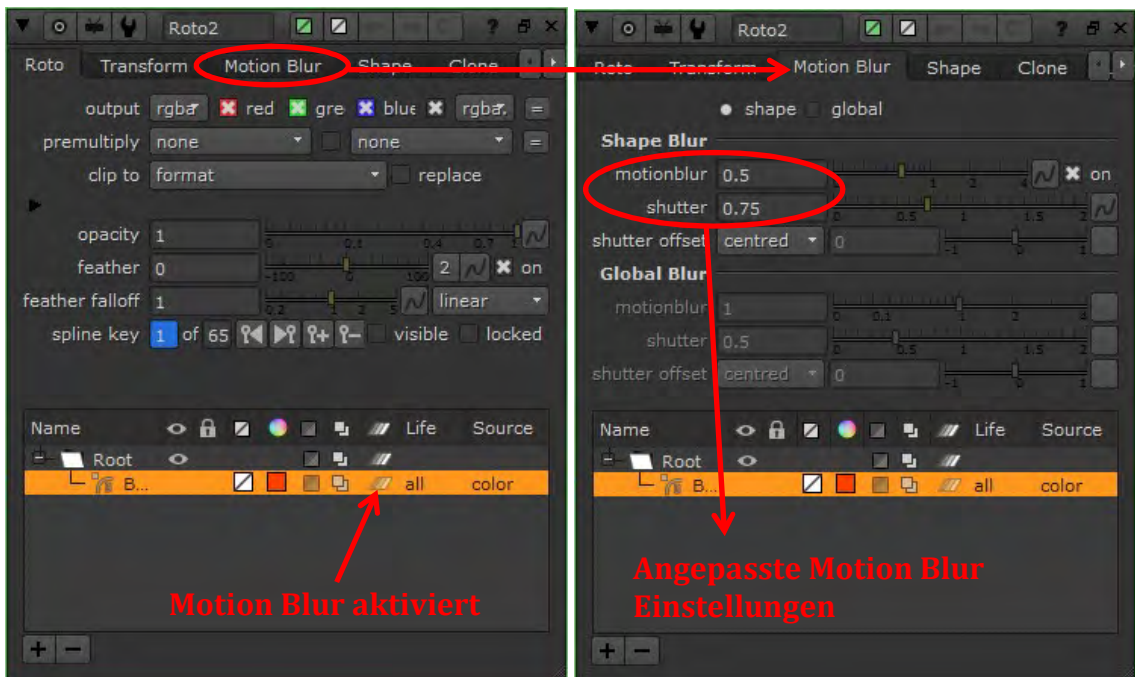


Abbildung 4.105 Motion Blur aktiviert und angepasste Einstellungen

Der Motion-Blur-Effekt ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.



Abbildung 4.106 Lichtschwert mit Motion-Blur-Effekt

Ein Zwischenschritt wurde somit erreicht. Das Lichtschwert als Effekt liegt nun über der realen „Klinge“ (auch bei Bewegungsunschärfe im realen Bild) und bewegt sich mit dieser mit.

Gleiches Vorgehen wurde auch für das zweite Lichtschwert angewendet, nur das hier die Klinge grün gestaltet wurde.



Abbildung 4.107 Beide Lichtschwerter rotoskopiert und farblich gestaltet

Jedoch sieht das Lichtschwert noch nicht „echt genug“ aus. Die Kanten des farbig gefüllten Umrisses (Alpha-Kanal) sind noch zu hart und der Schein um das Lichtschwert herum sowie das leichte weiße Schimmern im Inneren des Lichtschwerts bzw. in der Klinge müssen noch hinzugefügt werden, um die Glaubwürdigkeit zu erhöhen.

Im ersten Schritt wird der farbige Alpha-Kanal (die harte, rote Lichtschwertklinge) mit einer Blur-Node etwas weicher gemacht.

Im zweiten Schritt, Erzeugung des eigentlichen Lichtscheins, wird mit einer Blur-Node der Alpha-Kanal sehr weich gezeichnet, damit man ein sehr schönes und diffuses Erscheinungsbild erhält, was mit einer Glow-Node (mit Default-Einstellungen) optisch abgerundet wird.

Der dritte Schritt beinhaltet das Einfügen eines „weißen Kerns“ innerhalb des Lichtschwerts. Dafür wird ein Pfad von der Roto-Node erstellt. In diesem Pfad wird mit einer Saturation-Node die Sättigung komplett rausgenommen (gefüllter Umriss ist somit wieder weiß), mit der Node „Dilate“ die weiße Füllung des Umrisses verkleinert, mit einer Blur-Node weichgezeichnet und mit einer Grade-Node der Gamma-Wert verringert, um den weißen Kern so anzupassen, dass dieser wieder kleiner als der Umriss ist.

Das Lichtschwert mit seiner nun weichen Kante wird mit einer Merge-Node (over-Operator) in die Main-Pipe eingebunden. Der äußere Lichtschein und der „weiße Kern“ werden auch mit einer jeweiligen Merge-Node eingebunden, jedoch mit dem „plus-Operator“, da diese nicht über (over), sondern dazu (plus) gerechnet werden sollen.

Nachfolgend ist die komplette Ebene des roten Lichtschwerts zu sehen.

Die in der Abbildung zu sehende Shuffle-Node setzt den Alpha-Kanal auf Schwarz, um keine anderen Alpha-Anteile, die man auch nicht haben möchte, wegzubekommen.

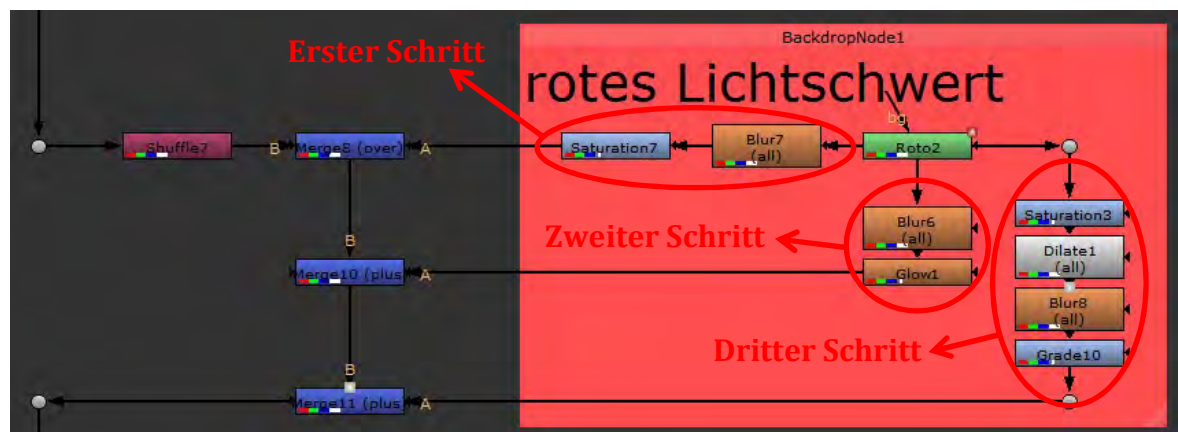


Abbildung 4.108 Rotes Lichtschwert im Node Tree

Nachfolgend wird die Wirkung der einzelnen Nodes und deren Einstellungen aufgezeigt.

Zum ersten Schritt: Lichtschwert weich zeichnen und Sättigung erhöhen

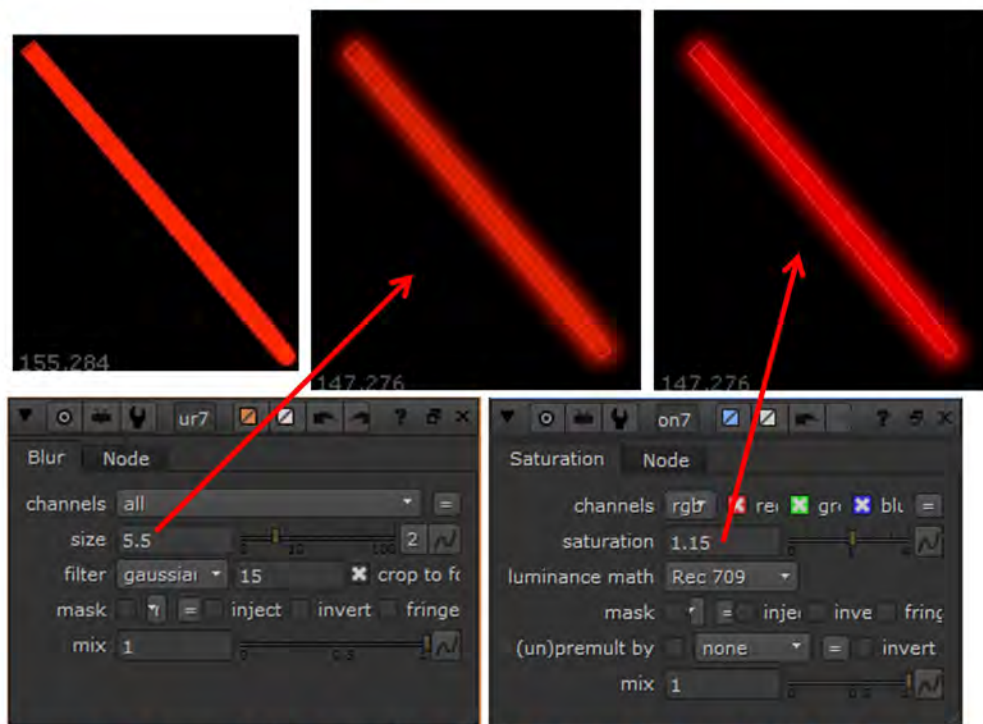


Abbildung 4.109 Rotes Lichtschwert (rot eingefärbter Alpha-Kanal) der Roto-Node (links), weichgezeichnet mit Blur-Node (mittig) und mit erhöhter Sättigung (rechts)

Zum zweiten Schritt: Leuchtschein erstellen

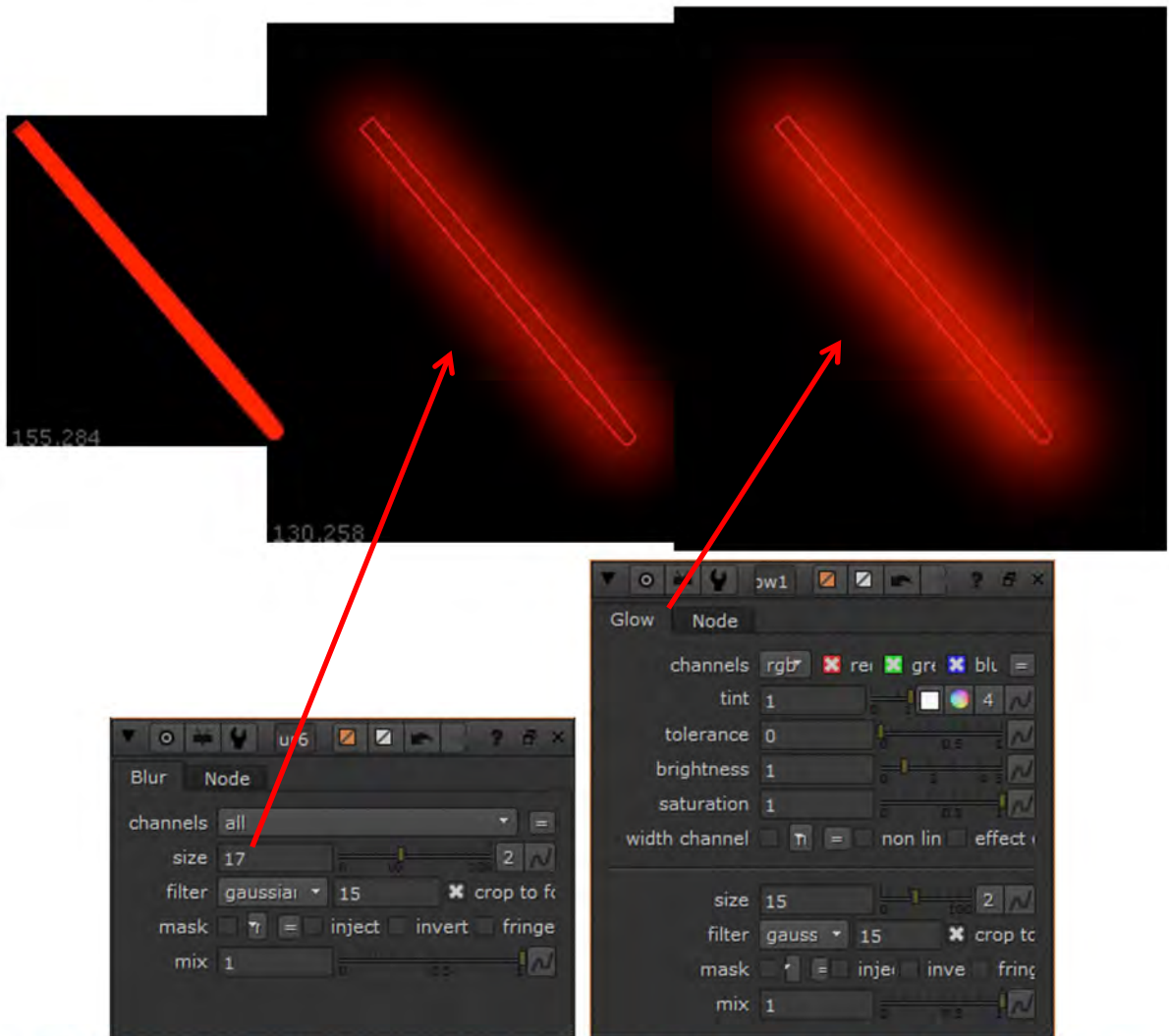


Abbildung 4.110 Leuchtschein für rotes Lichtschwert (rot eingefärbter Alpha-Kanal) der Roto-Node (links), stark weichgezeichnet mit Blur-Node (mittig) und leuchtend mit Glow-Node (rechts)

Zum dritten Schritt: weißen Kern kreieren

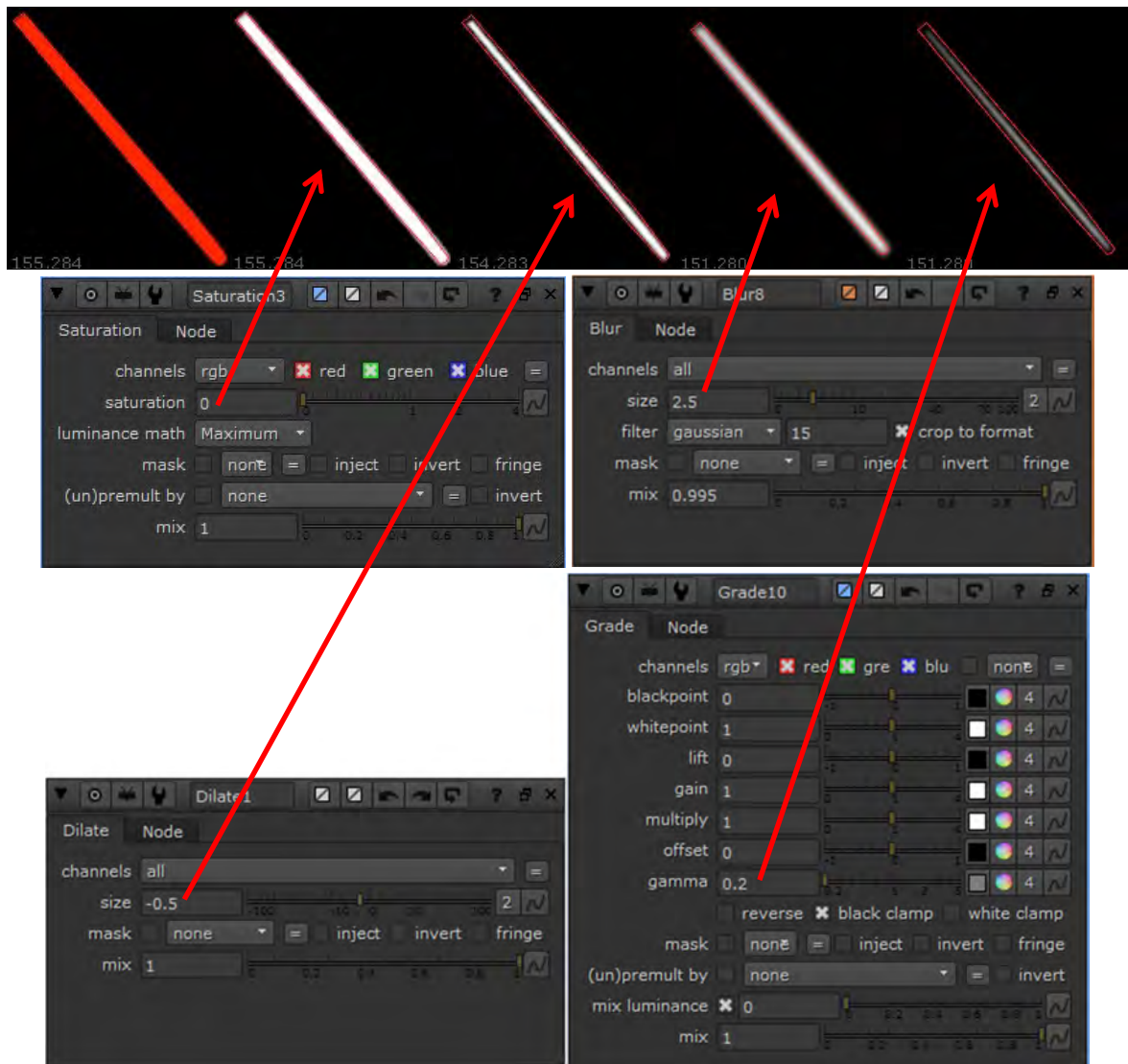


Abbildung 4.111 Weißer Kern für rotes Lichtschwert, einzelne Schritte und Node-Einstellungen



Abbildung 4.112 Darstellung der einzelnen Schritte im Viewer: erster Schritt (links), zweiter Schritt (mittig) und dritter Schritt (Ergebnis) (rechts)

Diese Schritte werden auch für das zweite Lichtschwert angewendet.

Die Einbindung beider Lichtschwert-Ebenen im Node Tree und Darstellung im Viewer ist in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.

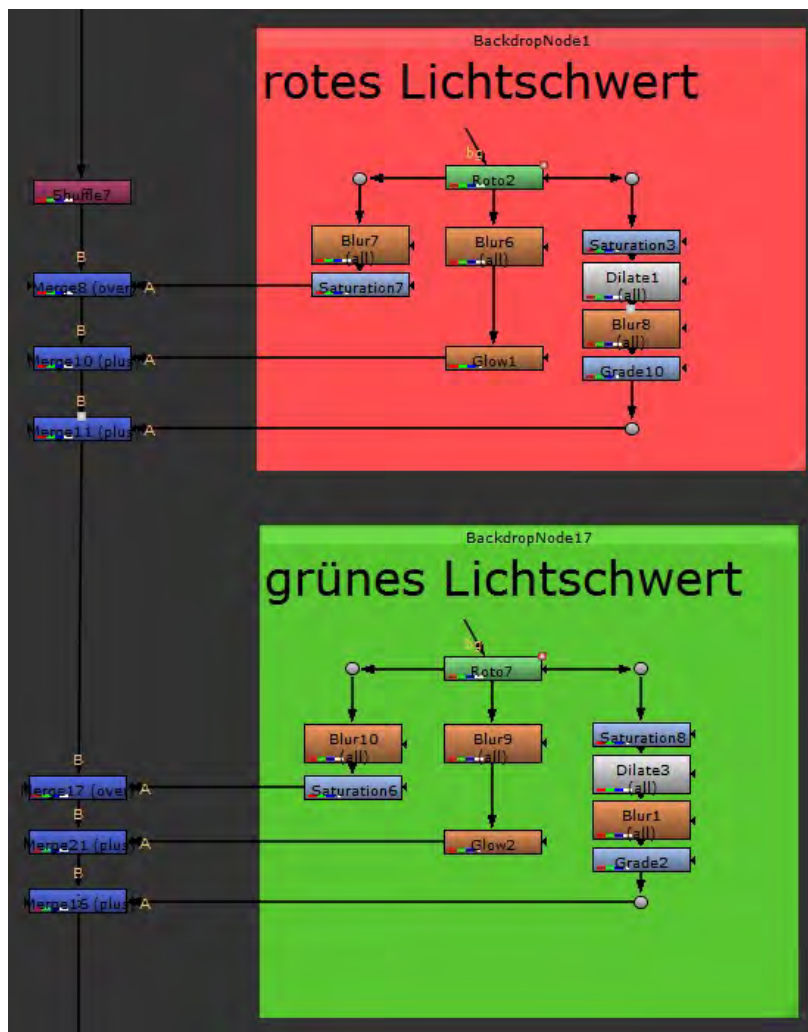


Abbildung 4.113 Lichtschwert-Ebenen im Node Tree und im Viewer

Die Lichtschwerter wurden nun erstellt, jedoch steht man nun vor der Problematik, dass mal das eine und mal das andere Lichtschwert vor dem anderen ist (wenn die „Klingen“ aufeinander treffen). In der nachfolgenden Abbildung müsste entsprechend der Bewegung das rote Lichtschwert vor dem grünen sein.



Abbildung 4.114 Nicht korrekte Reihenfolge der Lichtschwerter

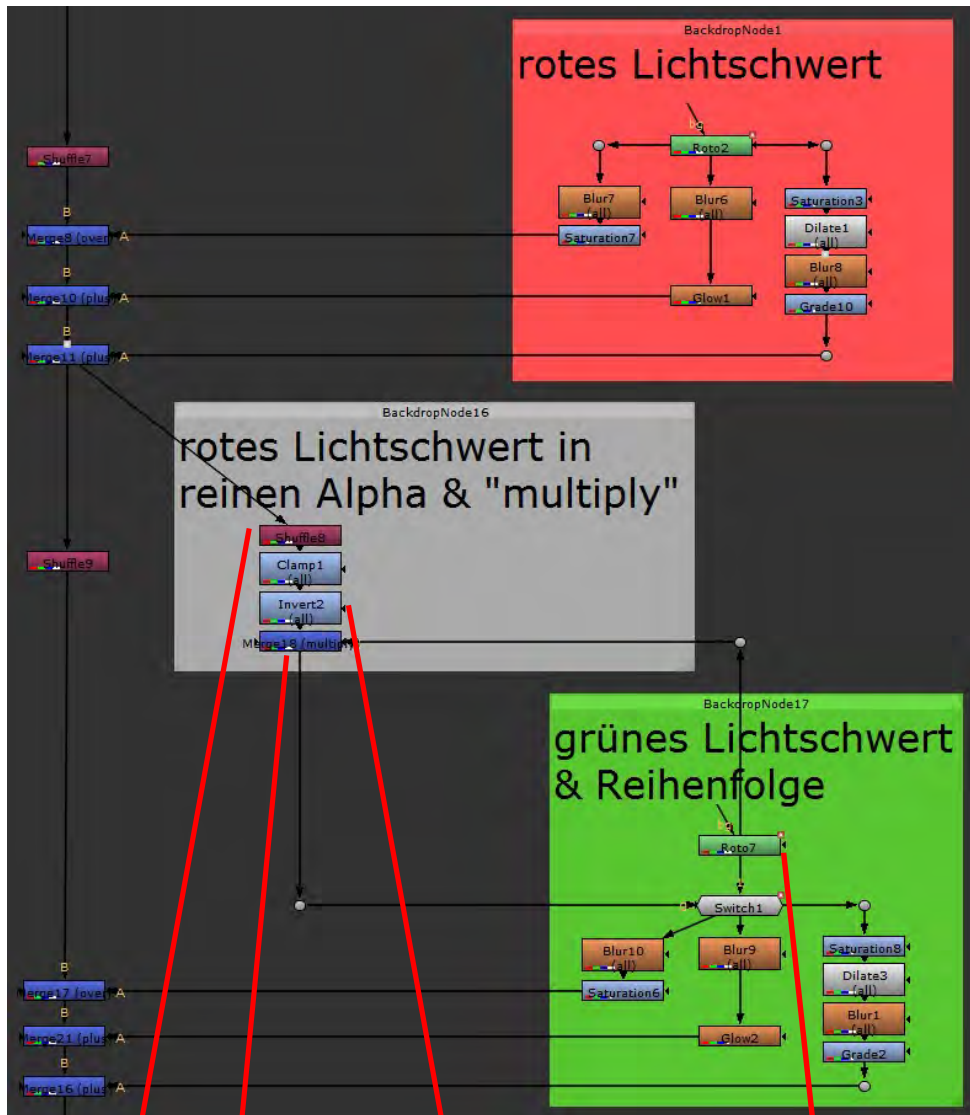
Zum Lösen dieses Problems benötigt man eine Möglichkeit, bei der man festlegen kann, wann welcher Alpha-Kanal (welches Lichtschwert) vorne ist. Es sei vorab angemerkt, dass das grüne Lichtschwert vor (über) dem roten liegt, da es im Node Tree unter dem roten platziert wurde. Nachfolgend soll nun der Teil vom grünen Lichtschwert ausgespart werden, wenn das rote Lichtschwert vorn sein soll.

Hierfür kann man die Node „Switch“ (Schalter) verwenden und sich ein Konstrukt bauen, bei dem entweder das grüne Lichtschwert weiterhin vorne (über) dem roten bleibt oder ein Teil ausgespart wird, damit das rote zum Vorschein kommt.

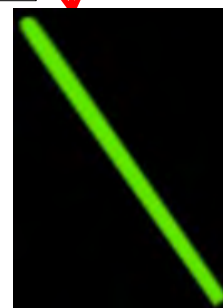
Zuerst wird das rote Lichtschwert mit der Shuffle-Node in einen reinen Alpha-Kanal umgewandelt, mit der Node „Clamp“ die Werte auf reine Schwarz- und Weißwerte gesetzt. Der Alpha-Kanal wird dann invertiert (Invert-Node) und mit einer Merge-Node („multiply-Operator“) verbunden.

In die Merge-Node mit „multiply-Operator“ kommt auch ein Ausgang der Roto-Node des grünen Lichtschwerts (liegt weiterhin als mit Farbe gefüllter Alpha-Kanal vor). Das Ergebnis der Multiplikation ist das grüne Lichtschwert mit der Aussparung des roten Lichtschwerts (bzw. des Alpha-Kanals) und kann das rote Lichtschwert vor dem grünen dargestellt werden. Es fehlt nun noch die Möglichkeit zum Umschalten, ob multipliziert werden soll oder nicht. Dafür wird nun die Switch-Node eingefügt. Der Ausgang der Merge-Node mit „multiply-Operator“ geht auf die Switch-Node und die Roto-Node des grünen Lichtschwerts auch. Die Ausgänge von der Switch-Node gehen nun wie vorher bei der Roto-Node auf die einzelnen Stränge, die das Lichtschwert weich und leuchtend machen und mit einem weißen Kern versehen. Wird nun an der Stelle, wo das rote Lichtschwert vorn (über) dem grünen sein soll die Einstellung „which“ in der Switch-Node auf „0“ gesetzt, so findet die Multiplikation statt und das grüne Lichtschwert erhält die Aussparung und das rote Lichtschwert tritt in den Vordergrund. Wird der Switch auf „1“ gesetzt, findet keine Multiplikation statt und das grüne Lichtschwert bleibt vorne. Ein paar Frames (z.B. zwei) bevor das Umschaltereignis stattfindet (Wechsel der Reihenfolge) sollte schon mit der Switch-Node umgeschaltet werden.

In der Main-Pipe wird auch wieder eine Shuffle-Node eingefügt, die am RGB-Teil nichts verändert, jedoch den Alpha-Kanal auf schwarz setzt.



Switch = 0



Switch = 1

Abbildung 4.115 Umsetzung Umschaltung der Reihenfolge der Lichtschwerter

Somit ist das grüne Lichtschwert vorn, wenn bei der Switch-Node „1“ und das rote vorne, wenn „0“ eingestellt ist.

Die nächste Abbildung zeigt nun die Anwendung des Umschaltens und somit die einstellbare Änderung der Reihenfolge der Lichtschwerter.



Abbildung 4.116 Änderung der Reihenfolge der Lichtschwerter (oben: Switch = 1, unten: Switch = 0)

4.2.12 Nachträgliche Anpassungen

Farbverlauf im Himmel

Um das Compositing farblich aufzuwerten, wird der Himmel mit einem Farbverlauf etwas blauer gemacht. Dafür wird mit einer Roto-Node ein Umriss gezeichnet (BSpline) und mit den „Feather-Points“ ein weicher Verlauf realisiert. Der Umriss sollte nicht komplett waagrecht, sondern etwas gebogen sein, um die Verzerrungen des (eines) Objektivs nachzuahmen, die an den Ecken am stärksten ausgeprägt sind. Der RGB-Teil des Hintergrundes (des Clips) wird mit einer Grade-Node zur Farbanpassung („Einfärbung“) verbunden. Wird nun der Gamma-Wert verringert (hier von 1 auf 0,44), wird der Himmel blauer, jedoch auch der Rest des Bildes wird verändert. Dafür wird nun der Ausgang der Roto-Node (die Maske), mit dem Spline-Umriss und den herausgezogenen „Feather-Points“ (für den Verlauf), mit der Grade-Node verbunden, wodurch nur die Bereiche in dem Spline-Umriss durch die Grade-Node angepasst werden und nach unten hin auslaufen. Die Grade-Node ist mit einer Merge-Node (over-Operator) mit Default-Einstellungen verbunden, die diese Ebene mit dem Node Tree verbindet.

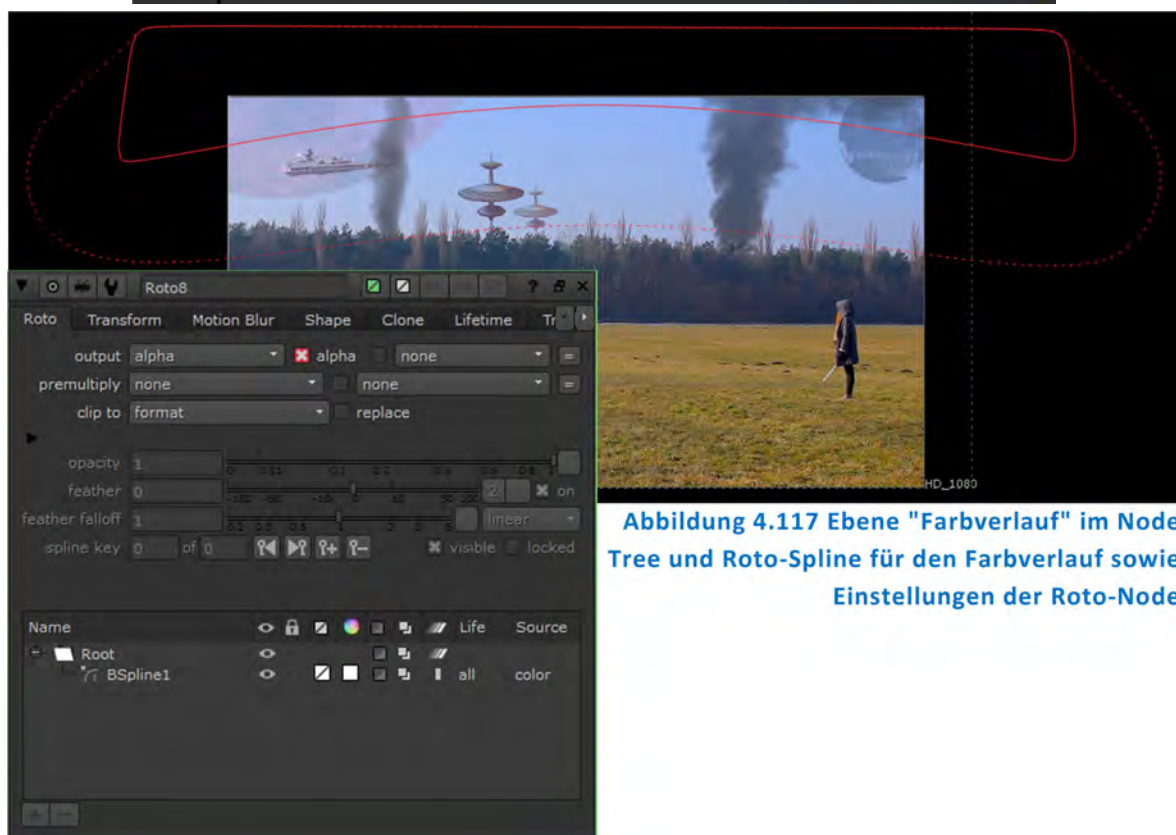


Abbildung 4.117 Ebene "Farbverlauf" im Node Tree und Roto-Spline für den Farbverlauf sowie Einstellungen der Roto-Node

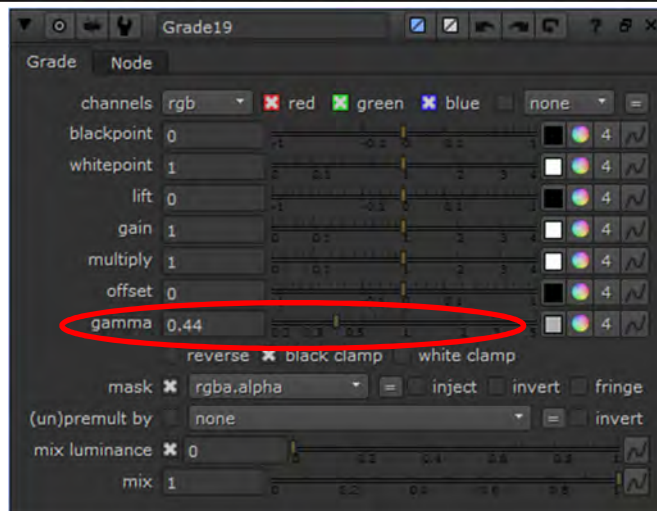


Abbildung 4.118 Rotospline und angepasste Einstellungen der Grade-Node im Viewer, Einstellungen der Grade-Node und Vergleich mit und ohne eingefärbten Himmel im Viewer

Anpassungen am vorderen Gebäude

Es wird noch ein wenig das vordere Gebäude angepasst und bei der Defocus-Node der Wert für „Defocus“ auf „1“ erhöht sowie bei der Grade-Node (RGB-Teil) „offset“ auf „2“ erhöht.

Einfügen von Crop-Nodes

Aufgrund eingefügter Elemente kann es dazu kommen, dass ein größeres Format als das gewünschte als Rahmen um das eigentliche Ausgabebild im Viewer zu sehen ist. Dies verlangsamt den Render-Prozess und kann wieder auf das gewünschte Format beschnitten werden. Hierfür braucht man nur die einzelnen Merge-Nodes mit dem Viewer verbinden, das Bild im Viewer betrachten und dort, wo dies auftritt, fügt man dahinter die Node „Crop“ hinzu, welche dann den Beschnitt auf die eingestellte Größe durchführt.

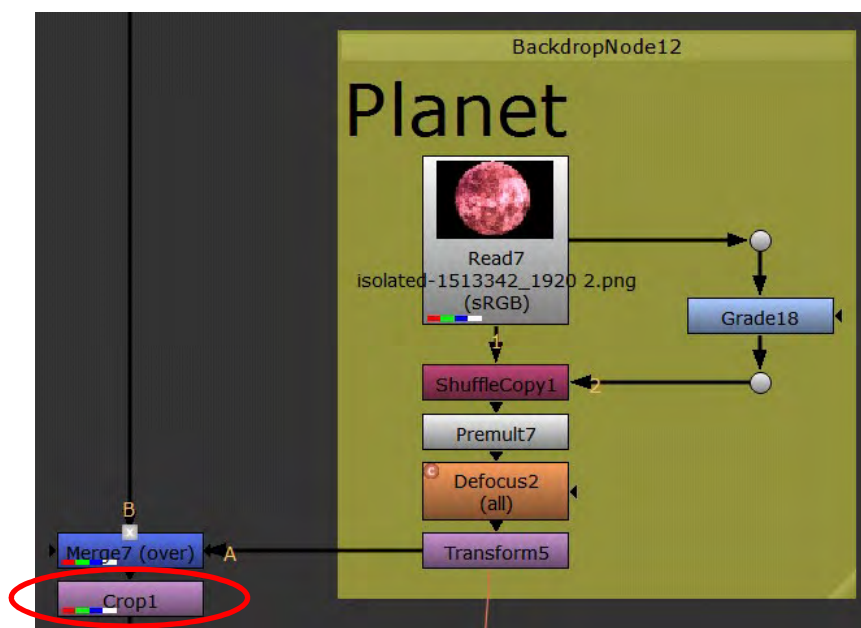


Abbildung 4.119 Crop-Node im Node Tree

4.2.13 Ausgabe/Rendern des Clips

Zur Ausgabe des Compositings wird die Node „Write“ verwendet und am Ende des Node Trees platziert und so mit der letzten Node verbunden.

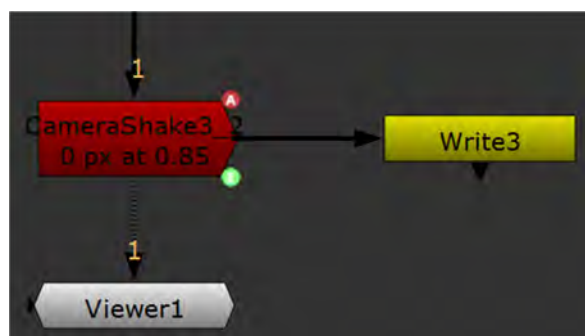


Abbildung 4.120 Write-Node im Node Tree

In der Write-Node sind einige Einstellungen vorzunehmen. Grundsätzlich sei erwähnt, dass man in der bestmöglichen Qualität (Codec mit geringsten Komprimierungsverlusten

oder ohne Komprimierung) das Projekt ausgibt (ein Master erzeugt) und dieses sichert. Eine Ausgabe in anderen (komprimierten) Formaten ist über Nuke auch möglich, ggf. können andere Encoder zum Umwandeln hinzugezogen werden, wie z.B. der „Adobe Media Encoder“. Weiter muss überlegt werden, wofür das Rendering (nach dem Rendering des Masters in bester Qualität) erfolgen soll, denn die vorzunehmenden Einstellungen für ein Abspielen z.B. auf einem DVD-Player und somit auf einem Fernseher unterscheiden sich von den Einstellungen, die für ein Abspielen auf dem Rechner (z.B. Youtube) oder Handy vorzunehmen sind.

In der nächsten Abbildung sind die Default-Einstellungen der Write-Node zu sehen und im ersten Schritt muss eine Datei ausgewählt bzw. erstellt werden, die beim Rendering dann das Ergebnis beinhaltet. Dafür wählt man in den Einstellungen unter „file“ zunächst das Ordnersymbol aus und navigiert dann in dem geöffneten Fenster an den gewünschten Speicherort. In diesem Fenster klickt man unten ans Ende des Dateipfads und schreibt den gewünschten Dateinamen mit gewünschter Dateiendung hin, hier „Ausgabe_Projekt_Star_Wars.mov“ und klickt aus „save“. Dadurch wird eine (noch) leere Datei angelegt. Die Datei soll in diesem Fall ein Video (ein Container) und nicht eine Bildsequenz sein.

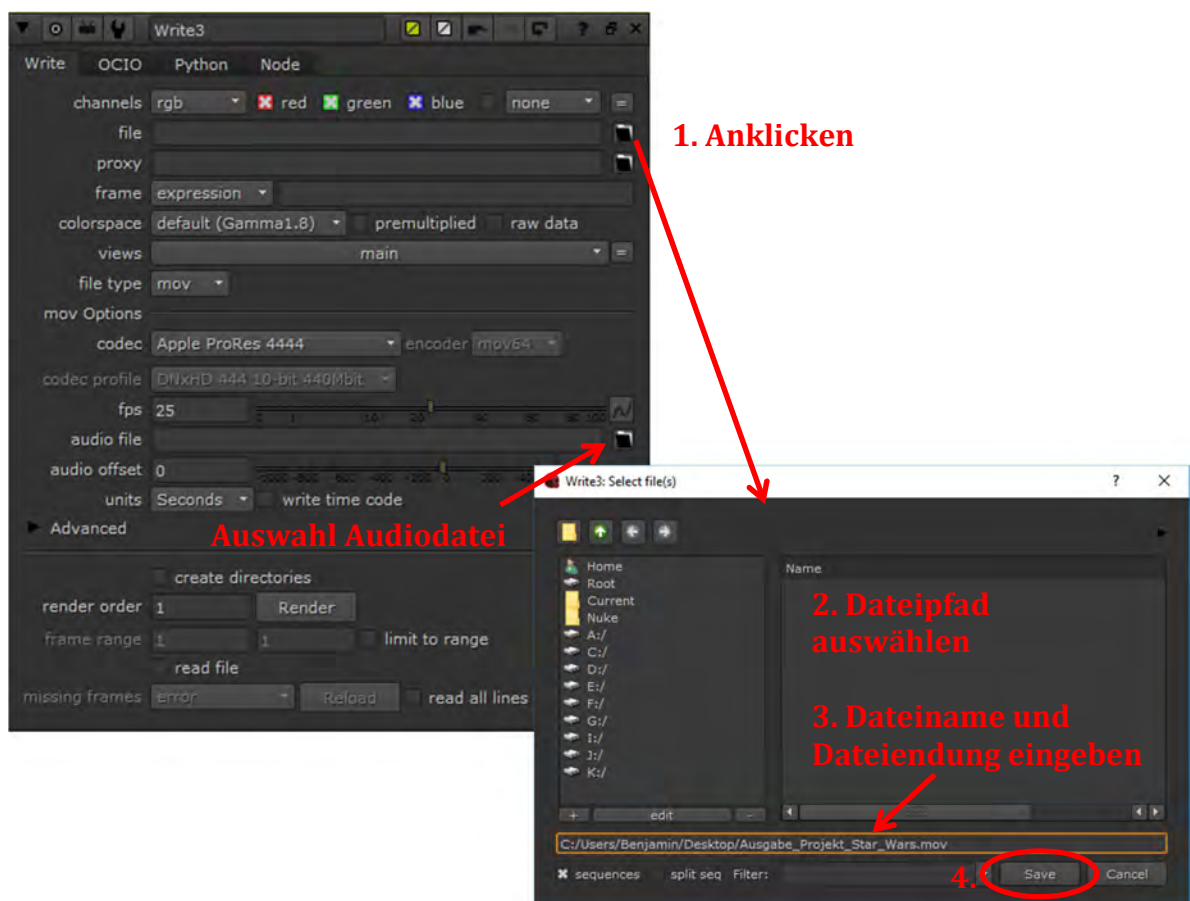


Abbildung 4.121 Default-Einstellungen der Write-Node und Erstellung der Ausgabe-Datei

Die Entscheidung, wofür die ausgegebene Datei sein soll, Darstellung auf dem Fernseher oder Rechner, ist für die Einstellung des genutzten Farbraums relevant. Hierfür wählt man in den Einstellungen „colorspace“ aus und wählt den gewünschten Farbraum aus. Für eine Wiedergabe auf dem Fernseher ist der Farbraum „rec709“ und für den Rechner „sRGB“ auszuwählen. Hier wurde sich für die Ausgabe für ein Abspielen auf dem Rechner entschieden.

In der Einstellung „file type“ sollte schon „mov“ stehen. Andere mögliche Dateitypen sind der nächsten Abbildung zu entnehmen.

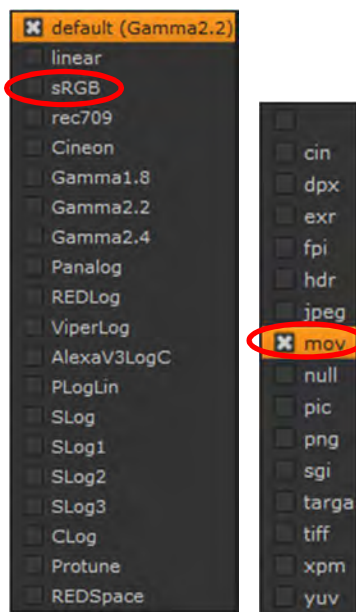


Abbildung 4.122 „Colorspace“ Auswahl (links) und „File Type“ Auswahl (rechts)

Als nächstes muss der Codec für den Dateityp (hier *.MOV) ausgewählt werden. Es wurde sich hier für ein Codec mit geringen Verlusten entschieden, welcher optisch verlustfrei ist, d.h. Verluste sind nicht zu sehen. Der ausgewählte Codec ist hier „Apple ProRes 422 HQ“. Für Handy, Youtube etc. bietet sich der Codec „MPEG-4 Video“ an.

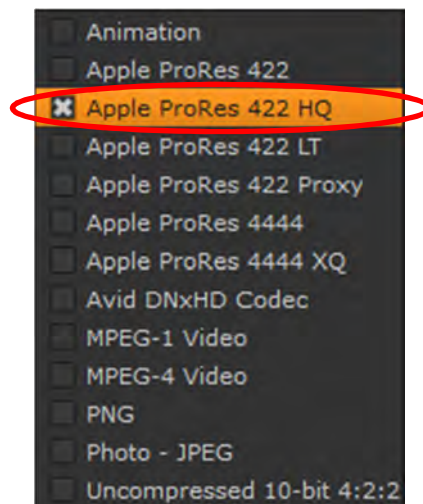


Abbildung 4.123 „codec“ Auswahl

Auch kann in der Write-Node eine Audio-Datei eingelesen und dann beim Rendering ausgegeben werden. Verwendet wird hier ein lizenzfreier Song von Laszlo Harsanyi²¹³, der zuvor mit dem Programm Adobe Audition auf die gewünschte Länge geschnitten wurde (was grundsätzlich auch in Nuke erfolgen kann).

Zum Rendern selbst wählt man zuerst die Write-Node aus und geht dann in die obere Menü-Leiste von Nuke, klickt auf den Reiter „Render“ und wählt dort „Render Selected Write Nodes...“ aus. Es erscheint ein Fenster, in dem man auswählen kann welche Frames (Bereich) gerendert werden soll und klickt auf „OK“.

Das Rendern nimmt je nach getätigten Einstellungen und Rechenleistung des Computers etwas Zeit in Anspruch (hier ca. 1,5 Stunden).

Zusätzlich wird noch ein MPEG-4 Video ausgegeben.

Das Ergebnis sollte im Anschluss an die Ausgabe immer auf Korn, Artefakte, Zittern und sonstige Fehler überprüft werden. Auch die Bewegungen der animierten Elemente sind zu kontrollieren, ob diese nicht ruckartig verlaufen. Eigenschaften wie Schärfe, Farbe und Schatten der einzelnen Elemente für sich und im Verhältnis zum Rest des Compositings sollten ebenfalls stimmig sein und auch die Auswirkungen der atmosphärischen Bedingungen sind zu berücksichtigen.

4.2.14 Ergebnis des Compositings

Das Compositing wurde erstellt und die Ausgabe überprüft. Die Umsetzung der Implementierung der einzelnen Elemente kann auch auf andere Art und Weise erfolgen. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass es grundsätzlich sinnvoll ist, immer den RGB-Teil (Kanal) vom Alpha-Kanal getrennt zu behandeln, um eine einfache (spätere) Editierbarkeit zu gewährleisten. Dieses ist z.B. bei den Lichtschwertern und dort bei der Festlegung der Reihenfolge zu sehen.

Die Erstellung der Lichtschwerter in der Postproduktion würde sich einfacher gestalten, wenn die Klingen der Lichtschwerter für den Filmdreh grün angemalt sein würden, um diese im Compositing-Programm keyen zu können und nicht zeit- und arbeitsaufwendig rotoskopieren zu müssen.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen einige Bilder aus dem fertigen Compositing und eine Übersicht des gesamten Node Trees.

²¹³ Hier sei auf den Youtube-Kanal des Künstlers verwiesen:
<https://www.youtube.com/channel/UCJ1BG4z8X4bgUrBG65AI85g/featured>.



Abbildung 4.124 Ergebnis des Compositings, hier einzelne Bilder

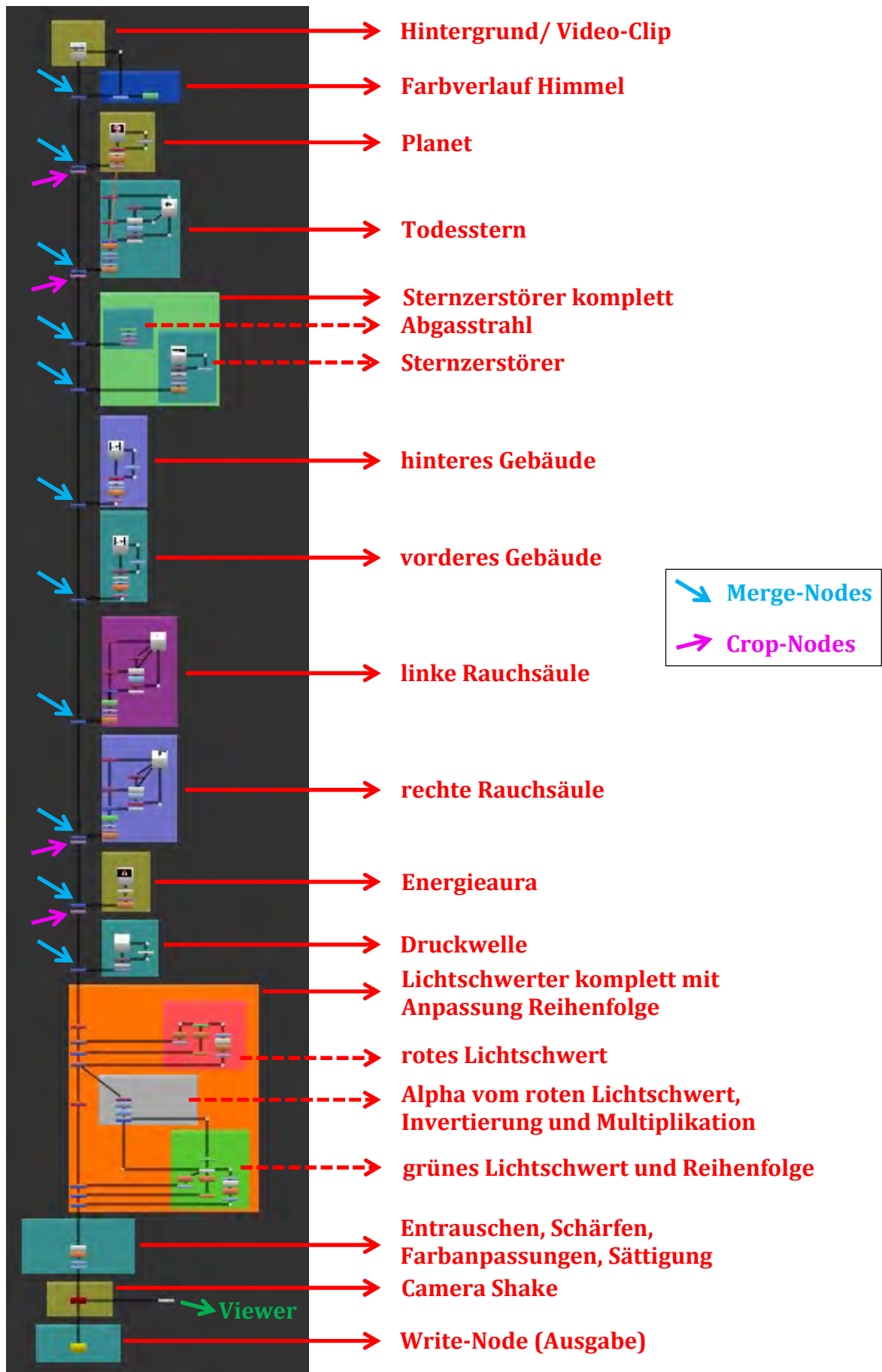


Abbildung 4.125 Kompletter Node Tree im Node-Graph

5 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der Arbeit war es, die Möglichkeiten und Grenzen von Compositing- und VFX-Software beim Einsatz an der Hochschule Anhalt zu betrachten.

Zu Beginn der Arbeit wurden die wichtigsten technischen Grundlagen für das Verständnis der Thematik Compositing und visuelle Effekte erläutert. Der Schwerpunkt lag dabei zunächst auf den technischen Grundlagen zu digitalen Bild- und Videodateien, Fernsehnormen und -standards, Auflösungen, Farbräumen, Komponenten und Kanälen sowie Videodaten.

Anschließend wurde die Erstellung von (fotorealistischen) Compositings und visuellen Effekten beschrieben wie Transformationen, Animationen und Interpolationsarten, Verzerrungen, digitale Filter, Übertragungsmodi zum Verknüpfen von Elementen, Maskenerstellung und Bearbeitung, Tracking, Licht und Beleuchtung, computergenerierte Elemente im Compositing und die Ausgabe von Compositing-Projekten.

Aufbauend auf dem in dieser Arbeit beschriebenen Compositing- und Effekt-Programm „Nuke“ wurde ein Compositing-Projekt erstellt, das verschiedene Arten von statischen und bewegten Bildern, Objekten, Bildsequenzen und Video-Container sowie Musik enthält, die alle zu einem harmonischen und glaubwürdigen Ganzen verbunden wurden. Das Compositing-Projekt wurde anschließend als Video-Container ausgegeben. Generell sei erwähnt, dass die hier aufgezeigten Vorgehensweisen nur einen kleinen Teil im Gesamtkomplex Compositing und visueller Effekte mit der mächtigen Software darstellen. Die Implementierungen der (statischen und dynamischen) Elemente in diesem Compositing können auch auf andere Art und Weise umgesetzt werden. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass es grundsätzlich sinnvoll ist, immer den RGB-Teil (Kanal) vom Alpha-Kanal getrennt zu behandeln, um eine einfache (spätere) Editierbarkeit zu gewährleisten. Auch wäre es für die Erstellung der Lichtschwerter einfacher gewesen, die Klängen der Lichtschwerter für den Filmdreh grün zu gestalten, um diese unkompliziert keyen zu können und nicht zeit- und arbeitsaufwendig rotoskopieren zu müssen.

Grundsätzlich können mit dem Einsatz von Compositing- und Effekt-Software (und somit auch mit Nuke) viele gestalterische Arbeitsschritte und die Finalisierung eines Compositing-Projekts flexibel und jederzeit editierbar in die Postproduktion verlagert und mit mehreren Personen gleichzeitig bearbeitet werden. Die für solche Vorhaben verwendeten Programme und insbesondere das hier betrachtete Programm „Nuke“, sind aufgrund der Vielzahl an Werkzeugen, Funktionen und den sich daraus ergebenden Möglichkeiten sehr komplex.

Die Nutzung der betrachteten Software ist für Studenten des Studiengangs Medientechnik dann geeignet, wenn aufbauend auf die zuvor vermittelten theoretischen Grundlagen die technischen Voraussetzungen zur Nutzung des Programms gegeben sind sowie eine (intensive) Beschäftigung der Studenten mit der Software erfolgt.

Eine Integration dieser Thematik und die Nutzung des Programms „Nuke“ im Studiengang Medientechnik könnte durch einen praktischen Anteil (z.B. als Gruppenarbeit, bei der jeder einen Teil des Gesamtcompositings übernimmt und die einzelnen Ebenen später zu einem harmonischen Ganzen zusammengeführt werden) abgerundet werden und so den Studierenden die Möglichkeit eröffnen, die erlernten theoretischen Grundlagen anzuwenden, nachzuvollziehen und zu vertiefen.

Anhang

Die Anhänge sind auf der beiliegenden DVD zu finden und enthalten nachfolgend aufgelistete Ordner und Dateien:

- Ordner „01_Programme“: Nuke v10.5 v1, Fractelizer und Fractal_Zoom, VLC-Player
- Ordner „02_Nuke Projekt“: Projekt- und Composite-Dateien
- Ordner „03_Rohmaterial“: Video-Container des Filmdrehs und genutzte PNG-Bildsequenz
- Ordner „04_verwendetes Bild- und VFX-Material“: Bilder und Video-Container, die im Compositing-Projekt verwendet wurden
- Ordner „05_Musik“: verwendete und zugeschnittene Musikdatei
- Datei „Masterarbeit_Benjamin_Pehlke.pdf“
- Datei „Vergleich Nuke-Versionen.pdf“: Detaillierter Vergleich der Nuke-Versionen
- Datei „Angebot von The Foundry für NUKE Education Program.pdf“: Angebot von The Foundry für die Nutzung von Nuke an Hochschulen etc.
- Datei „Ergebnis_Compositing_Clip.mov“: Gerendertes Compositing-Projekt als Video-Container (*.MOV)
- Datei „Ergebnis_Compositing_Clip.mp4“: Gerendertes Compositing-Projekt als komprimierter Video-Container (*.MP4)

Literatur- und Quellenverzeichnis

- [FAI15] Failes, Ian
MASTERS of FX
Behind the Scenes with Geniuses of Visual and Special Effects
ILEX Press, Great Britain, 2015
- [DUM10] Dummler, Juliane
Das montierte Bild
Digitales Compositing für Film und Fernsehen
UVK Verlagsgesellschaft mbH, Konstanz, 2010
- [WRI11] Wright, Steve
Compositing Visual Effects
Essentials for the Aspiring Artist
Second Edition
Focal Press, Oxford, Great Britain, 2011
- [GRE15] Gress, Jon
[digital]
Visual Effects & Compositing
New Riders, USA, 2015
- [BRI08] Brinkmann, Ron
The Art and Science of Digital Compositing
Second Edition
Morgan Kaufmann Publishers, Burlington, USA, 2008
- [KH13] Krasner, Jon und Heinemann, Butterworth
Motion Graphics Design. Applied History and Aesthetics
Third Edition
Taylor & Francis Ltd., USA, 2013
- [ABC01] Allary Film, TV & Media
Timecode
<http://www.movie-college.de/filmschule/ton/studioteknik/timecode>
Abfragedatum: 06.10.2016
- [ABC02] Adobe After Effects
Distort Effects
<https://helpx.adobe.com/de/after-effects/using/distort-effects.html>
Abfragedatum: 10.02.2017
- [ABC03] Boomstick Comics
Serie "24"
<http://boomstickcomics.com/2016/01/fox-issues-reboot-order-for-24-legacy/>
Abfragedatum: 11.02.2017

- [ABC04] Decider
Film "Snatch"
<http://decider.com/2014/09/10/throwback-snatch-was-the-best-movie-of-2000/>
Abfragedatum: 11.02.2017
- [ABC05] 4K Experten
Was ist 4K
<http://www.4kexperten.de/was-ist-4k/>
Abfragedatum: 12.02.2017
- [ABC06] 1Buch
Farbräume
<http://www.1buch.de/hilfe/lexikon/print-on-demanddruckvorstufe/farbraeume-cmyk-und-rgb/>
Abfragedatum: 15.03.2017
- [ABC07] Lichtmagazin
Lichtspektrum
<https://www.lampen-leuchtenhaus.ch/lichtmagazin/>
Abfragedatum: 15.03.2017