

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XV
Autoren	XXIX

1	Farbe, Farbmodelle und Farbräume	1
	Eberhard Hasche	
1.1	Ein kurzer Einblick in menschliche Wahrnehmungstheorie	1
1.1.1	Was ist Farbe?	1
1.1.2	Auge und Sehen	2
1.1.3	Radiometrie, Photometrie und Helligkeitsempfinden	4
1.1.4	Helligkeit und Kontrast	6
1.1.5	Bedeutung von Referenzweiß	7
1.1.6	Luminanzterminologie	10
1.1.7	Ungleichmäßige Kontrastempfindlichkeit des menschlichen visuellen Systems	10
1.1.8	Chromatische Adaption	11
1.2	Konvertieren von Licht zu Farbe	13
1.2.1	Spektrale Energieverteilung und der Metamerismus	13
1.2.2	Gestaltung der Filter	15
1.2.3	Farbnachstellversuch	16
1.2.4	1931er CIE RGB-Farbraum	17
1.2.5	1931er CIE XYZ-Farbraum	18
1.2.6	Normalisierung der XYZ-Werte	21
1.3	CIE Normfarbtafel und CIE xyY-Farbraum	22
1.3.1	Vorteile und Eigenschaften des CIE xyY-Farbraums	22
1.3.2	Gamuts und Primärvalenzen	23
1.3.3	Diskussion der Normfarbtafel	25
1.3.4	Von der CIE Normfarbtafel zum CIE xyY-Farbraum	26
1.3.5	Farbtemperatur	27
1.3.6	Black-Body-Kurve und CIE Weißpunkte	28
1.4	Farbmodelle	29
1.4.1	RGB-Farbmodell	29
1.4.2	HSV-Farbmodell	34
1.4.3	CMYK-Farbmodell	35
1.5	sRGB-Farbraum	37
1.5.1	Farbmodell und Farbraum	37
1.5.2	Spezifikationen des sRGB-Farbraums	39
1.5.3	Luminanzberechnungen im sRGB-Farbraum	40
1.6	Gleichabständigkeit eines Farbraums	42
1.6.1	Spannungs-Intensitätsverhalten von Röhrenmonitoren	42
1.6.2	Opto-Elektronische Übertragungsfunktion OECF (Gamma)	42

VII

1.6.3	Webersches und weber-fenchnersches Gesetz und ihre Bedeutung für die Codierung von Farbwerten	44
1.6.4	End-to-End-Gamma für sRGB	48
1.6.5	CIE-L'u'v' und CIE-L*a*b-Farbraum	49
	Literatur	50
2	Farbworkflow in HDTV- und Filmproduktionen	51
	Eberhard Hasche	
2.1	Workflow mit analogem Filmnegativ	51
2.1.1	Originales Kamera-Negativ (OCN)	51
2.1.2	Traditioneller Film-Workflow	53
2.1.3	Scannen des Filmnegativs	54
2.1.4	Kodak-Cineon-Print-Density-Format	55
2.2	HDTV-Farbworkflow	56
2.2.1	HDTV als displaybezogener Workflow	56
2.2.2	Verarbeitung der Daten in der Kamera	57
2.2.3	Konvertierung in den Zielfarbraum	60
2.2.4	Y'C_BC_R-Codierung	61
2.2.5	Darstellung von HDTV-Aufnahmen	65
2.3	Farbworkflow mit szenenbezogenem (scene-referred) Bildmaterial	67
2.3.1	Einführung in den szenenbezogenen Workflow	67
2.3.2	Aufnahmestrategien beim szenenbezogenen Workflow	69
2.3.3	Codieren von szenenbezogenem Bildmaterial	71
2.3.4	Arbeiten mit szenenbezogenem Bildmaterial	74
2.3.5	Darstellung von szenenbezogenem Bildmaterial	77
2.3.6	Color-Decision-Lists und Open-Color-IO	78
2.4	Digital Intermediate and Mastering des Bildmaterials	79
2.4.1	Picture-Rendering und Image-State	80
2.4.2	Überblick über den Digital-Intermediate-Prozess	81
2.4.3	DCI-Spezifikationen für das Digitalkino	82
2.4.4	Der Referenzprojektor und die Kinoumgebung	84
2.4.5	Mastering	86
2.4.6	Verteilung (Distribution)	87
2.5	Image-Interchange-Framework (AMPAS-ACES)	87
2.5.1	Überblick	87
2.5.2	Input-Transform-Device (IDT)	88
2.5.3	Look-Modification-Transform (LMT)	89
2.5.4	Reference-Rendering-Transform (RRT)	91
2.5.5	Output-Device-Transform (ODT)	91
2.6	Quellen	91
	Literatur	91
3	Kameratechnik	93
	Patrick Ingwer	
3.1	Grundelemente der Kamera	93
3.1.1	Das Objektiv und ihre Blende	93
3.1.2	Die Brennweite	95
3.1.3	Schärfentiefe	96
3.1.4	Verschlusszeit und Bewegungsunschärfe	98
3.1.5	Filmempfindlichkeit	99
3.1.6	Verwendung von optischen Filtern	100
3.2	Bildsensoren, Sensorgröße und Cropfactor	102
3.2.1	CCD-Sensoren	102
3.2.2	CMOS Sensoren	103

3.2.3	Der Foveon-X3-Sensor	104
3.2.4	Demosaicing (De-Bayering)	105
3.2.5	Rolling Shutter	106
3.2.6	Bildaufnahmeffläche und Formatfaktor	108
3.2.7	Filmen mit DSLR-Kameras	109
3.3	Bildwiederholungsrate und Halbbilder	110
3.3.1	Bildwiederholungsrate (fps)	110
3.3.2	Halbbilder	111
3.4	Timecode und Synchronisation	112
3.4.1	Synchronisation	113
3.4.2	Bi-Level und Tri-Level Sync	114
3.4.3	Verwenden von Timecode	115
3.5	Codieren der Bilddaten	116
3.5.1	Verlustfreie und verlustbehaftete Kompression	117
3.5.2	Verlustbehaftete Kompression	117
3.5.3	MPEG-Komprimierung mithilfe der Group-of-Pictures (GOP)	118
3.5.4	Codecs und Formate weiterer dateibasierender Aufzeichnungs- und Produktionssysteme	118
3.5.5	Schnitt mit MPEG-Dateien	119
3.6	Bildformate und Auflösungen	120
3.6.1	Formate und Auflösungen im Fernsehen	120
3.6.2	Formate und Auflösungen im Film	121
	Literatur	123
4	Dreharbeiten und Erfassen von Daten für die VFX Produktion	125
	Eberhard Hasche	
4.1	Raumaufteilung und Perspektive	125
4.1.1	Raumaufteilung	125
4.1.2	Die Perspektive	127
4.1.3	Umgang mit dem Fluchtpunkt	130
4.1.4	Die Horizontlinie	132
4.1.5	Die Erzwungene Perspektive	133
4.2	Die Parallaxe	134
4.2.1	Begriffsbestimmung	134
4.2.2	Vordergrundparallaxe	135
4.2.3	Tiefen- und Bodenparallaxe	137
4.2.4	Hintergrundparallaxe	138
4.3	Die wichtigsten Aufnahmeattribute und deren Anwendung	141
4.3.1	Höhe des Objektivs	141
4.3.2	Neigung der Kamera	142
4.3.3	Entfernung des Objekts von der Kamera	145
4.3.4	Einfluss der Brennweite	146
4.4	Wichtige Kamerabewegungen	148
4.4.1	Die Standkamera (Locked-Off-Kamera)	148
4.4.2	Denken in Schlüsselbildern bei Kamerabewegungen	149
4.4.3	Schwenks (Panning)	151
4.4.4	Zoom-Aufnahmen	154
4.4.5	Verwendung von Handkameras	155
4.4.6	Dollyfahrten	157
4.4.7	Aufnahmen mit Kran und Jib-Arm	162
4.5	Quellen	166
	Literatur	167

5	Erfassen und Weiterverarbeitung von Daten für den Schnitt und die VFX-Produktion	169
	Eberhard Hasche, Patrick Ingwer	
5.1	Erfassen von Set-Daten für die VFX-Produktion	169
5.1.1	Ziel	169
5.1.2	Erfassen von Licht- und Farbdaten	169
5.1.3	Generieren von Environment-Maps	175
5.1.4	Erfassen von Set- und Bewegungsdaten	179
5.2	Schnitt von bewegten Bildinhalten	184
5.2.1	Anforderungen an die Hard- und Software	184
5.2.2	Schnittarten	187
5.2.3	Schnittmethoden	188
5.3	Daten- und File-Management für VFX	190
5.3.1	Aufbereitung der Aufnahmen	190
5.3.2	Generieren einer Arbeitsstruktur	194
5.3.3	Generieren und Verwenden von Proxies	195
5.3.4	Locked-Shots, Handles und Versioning	196
	Literatur	198
6	Stereo3D	199
	Patrick Ingwer	
6.1	Stereoskopische Grundlagen	199
6.1.1	Menschliche Wahrnehmung von stereoskopischen Bildern	199
6.1.2	Räumliches Sehen – Tiefenhinweise über binokulare Bildindikatoren ...	201
6.1.3	Räumliches Sehen – Tiefenhinweise über monokulare Bildindikatoren ...	202
6.1.4	Stereoskopische Grundlagen einer Stereo3D-Kamera	203
6.1.5	Störeffekte und Artefakte	207
6.2	Stereopyramide und Stereobudget	208
6.2.1	Stereopyramide	208
6.2.2	Probleme im Screenspace	209
6.2.3	Probleme im Theaterspace	209
6.2.4	Stereo3D-Depth-Budget	210
6.3	Aufnahme und Wiedergabe von Stereo3D	211
6.3.1	Kameraausrichtung im Parallel-Shot	211
6.3.2	Kameraausrichtung im Converged-Shot	211
6.3.3	Kameraanordnung bei einem Side-by-Side-Rig	212
6.3.4	Kameraanordnung bei einem Beamsplitter-Spiegel-Rig	212
6.3.5	Konfiguration und Abgleich eines Stereo3D Kamera Rig	214
6.4	Wiedergabe von Stereo3D-Inhalten	216
6.4.1	Anaglyph	216
6.4.2	RealD	216
6.4.3	IMAX-3D	217
6.4.4	XPanD (Shutter-Technik)	217
6.4.5	Dolby-3D, Infitec	218
6.5	Postproduktion – Aufbereitung und Sweetening des Stereo3D-Materials ..	218
6.5.1	Disparity-Field-Map	218
6.5.2	Geometrische Korrekturen	219
6.5.3	HIT – Horizontal Image Translation	219
6.5.4	Native-Screen-Parallax	220
6.6	2D-zu-Stereo3D-Konvertierung	220
6.6.1	Pulfrichverfahren	221
6.6.2	Depth Map Methode	221
6.6.3	Kameraprojektions-Methode	222

6.6.4	Verwenden von 3D-Geometrie	223
	Literatur	223
7	Tracking und Matchmoving	225
	Eberhard Hasche, Patrick Ingwer	
7.1	2D-Tracking	225
7.1.1	Der Tracking-Prozess	225
7.1.2	Wahl der Tracking-Features	226
7.1.3	Probleme im 2D-Tracking	226
7.1.4	Aufbereitung des 2D-Trackings	229
7.1.5	Anwendungen des 2D-Trackings	231
7.2	Planar-Tracking	232
7.2.1	Funktionsweise des Planar-Trackings	232
7.2.2	Workflow und Anwendung	234
7.3	Einführung in das Matchmoving	235
7.3.1	Photogrammetrische Grundlagen	235
7.3.2	Phasen des Matchmovings	236
7.3.3	Was macht eine gute Aufnahme für das Matchmoving aus?	237
7.3.4	Manuelles und automatisches Matchmoving	238
7.3.5	Objekt-Tracking und Rotomation	238
7.4	Berechnung der 2D-Tracker	240
7.4.1	Entfernung der Linsenverzeichnung	240
7.4.2	Weitere Vorbereitungen des Matchmoving-Prozess	242
7.4.3	Maskieren von beweglichen Objekten	243
7.4.4	Feature-Tracking	243
7.4.5	Aufbereiten der Daten	243
7.5	Berechnung der Kamera und der 3D-Marker	244
7.5.1	Camera-Solve	244
7.5.2	Optimieren der Lösung	244
7.5.3	Hinzufügen eines Koordinatensystem	245
7.5.4	Hinzufügen von Testobjekten	245
7.5.5	Evaluieren der Lösung	245
7.6	Lidar-gestütztes Matchmoving	246
7.6.1	Manuelles Matchmoving mit einer Punktwolke vom Set	246
7.6.2	Evaluieren der Lösung mit Lidar-Daten	247
	Literatur	248
8	Erzeugen und Anwenden von Masken	249
	Eberhard Hasche, Patrick Ingwer	
8.1	Grundlegende Maskenverfahren	249
8.1.1	Historischer Rückblick	249
8.1.2	Grundlegende Maskenarten	250
8.1.3	Entfernen von Bildelementen (Garbage-Matte)	251
8.1.4	Behalten von Bildelementen (Holdout-Matte)	251
8.2	Rotoskop-Masken	252
8.2.1	Geschichte der Rotoskopie	252
8.2.2	Digitale Rotoskopie vs. Digital-Painting	252
8.2.3	Rotoskop-Maske	253
8.2.4	Animations-Strategien in der Rotoskopie	255
8.2.5	Schattenbildung mit Masken	256
8.3	Digital-Painting, Wire- und Rig-Removal	256
8.3.1	Das Konzept der Strokes	256
8.3.2	Eliminieren von Bildelementen mittels Digital Painting	257

8.3.3	Cloning und Revealing	258
8.3.4	Wire- und Rig-Removal	259
8.4	Prozedural generierte Masken	260
8.4.1	Luma-Keying	260
8.4.2	Chroma-Keying	261
8.4.3	Das Farbdifferenzverfahren	262
8.4.4	Das Distance-Map-Verfahren	263
8.4.5	Der Chroma-Keying-Workflow	266
8.5	Chroma-Keying – Der Maskenzweig (Alpha-Kanal)	267
8.5.1	Aufbereitung des Materials	267
8.5.2	Keying der Aufnahme	269
8.5.3	Zuweisung der Garbage- und Holdout-Matte	269
8.5.4	Optimierung der Matte	270
8.5.5	Anwenden von Multikeyern	271
8.6	Chroma-Keying – Der Farbzweig (RGB)	273
8.6.1	Der Spill	273
8.6.2	Entfernen des Spills	273
8.6.3	Farbkorrektur des Vordergrund-Elements	274
8.7	Integration des Greenscreen-Elements in die Hintergrundaufnahme	276
8.7.1	Edge Blending	276
8.7.2	Light Wrapping	276
	Literatur	278
9	Generieren von 3D-Inhalt zum Einfügen in Live-Action-Footage	279
	Eberhard Hasche	
9.1	Wann es sinnvoll ist, 3D-Inhalte im Film einzusetzen	279
9.2	Grundlagen der 3D-Modellierung	283
9.2.1	Modeling-Basisverfahren	283
9.2.2	Anforderungen an das 3D-Mesh	286
9.2.3	Transformations-Werkzeuge	288
9.2.4	Komponenten, Punkte und Objekte	290
9.2.5	Wichtige Bearbeitungswerkzeuge und -funktionen	291
9.2.6	Digitales Skulpturieren	295
9.3	Methoden zum Generieren von 3D-Objekten	298
9.3.1	Unterstützte manuelle Verfahren	298
9.3.2	Automatische Verfahren	300
9.3.3	Halb automatische Verfahren	305
9.4	Shading	308
9.4.1	Shader und Material	308
9.4.2	Shading Modelle	309
9.4.3	Lokale Beleuchtungsmodelle	309
9.4.4	Physikalisch plausible Beleuchtungsmodelle	311
9.4.5	Detail-Mapping	314
9.4.6	Spezielle Shader	316
9.5	Texturieren	316
9.5.1	Prozedural erzeugte Texturen	316
9.5.2	Die UV-Map	317
9.5.3	Generieren von UV-Maps	318
9.5.4	Texturieren von UV-Maps	319
9.5.5	D-Painting	320
9.5.6	Mip-Map	321

9.6	3D-Kameras	322
9.6.1	Orthografische und Perspektiv-Kameras	322
9.6.2	Typen von Kameras in Bezug auf die Verwendung	322
9.6.3	Kamera-Rigs	323
9.6.4	Gimbal-Lock-Problem	323
9.6.5	Verwendung von Turntables	324
9.7	Beleuchtung und Rendering	324
9.7.1	Physikalisch Plausibles Rendering	324
9.7.2	Lichter für direkte Beleuchtung	325
9.7.3	Scanline-Rendering	326
9.7.4	Raytracing	326
9.7.5	Globale Beleuchtungsmodelle	328
9.7.6	Image-Based-Lighting	331
9.7.7	Importance-Sampling	332
9.7.8	Path-Tracing	333
9.7.9	Schatten mit Shadow-Mapping und Raytrace-Schatten	336
9.7.10	Verwenden von Render-Passes (AOVs)	337
9.8	Quellen	338
	Literatur	339
10	Compositing	341
	Eberhard Hasche	
10.1	Verknüpfung von Bildern ohne Maske	342
10.1.1	Die Opazitäts-Überblendung	342
10.1.2	Die Addieren-Überblendung	343
10.1.3	Die Negativ-Multiplizieren-Überblendung	344
10.1.4	Die Multiplizieren-Überblendung	344
10.1.5	Die Differenz-Überblendung	346
10.1.6	Die Minimum und Maximum-Überblendung	346
10.1.7	Weitere Überblendungsmodi	347
10.2	Der Umgang mit dem Alpha-Kanal	348
10.2.1	Das Speichern von Masken	348
10.2.2	Der Alpha-Kanal	349
10.2.3	Der nicht-vormultiplizierte Alpha-Kanal	350
10.2.4	Vormultiplizierter Alpha-Kanal	351
10.2.5	Der Over-Algorithmus	352
10.2.6	Der Straight-Alpha-Kanal	354
10.3	Multi-Layer-, Multi-Pass- und Multi-Channel-Compositing	355
10.3.1	Verwenden von Channel-Layern (Multi-Channel-Compositing)	356
10.3.2	Arbeiten mit Render-Layern	357
10.3.3	Multi-Pass-Compositing	359
10.3.4	Multi-Pass-Compositing in Multi-Channel-Layern	363
10.4	2.5D-Technologien und Set-Extensions	363
10.4.1	Verwenden von Cards im Compositing	364
10.4.2	Kameraprojektion auf Cards	364
10.4.3	Re-Fotografieren der 2.5D-Szene	365
10.4.4	Projektionen auf 3D-Geometrie	366
10.4.5	Erzeugen einer Clean Plate	367
10.4.6	Anwenden des Multi-Channel-Systems im 3D-Raum	369
10.4.7	Set-Erweiterungen	370
10.4.8	D-Relighting und Position-to-Points	371

10.5	Allgemeine Compositing-Aufgaben	373
10.5.1	Split-Screen	373
10.5.2	Spiegeln von Textelementen	374
10.5.3	Einfügen von Mündungsfeuer	375
10.5.4	Hinzufügen eines Glow-Effekts	375
10.5.5	Warping und Morphing	376
10.5.6	Day-for-Night und Dry-for-Wet	377
10.5.7	Video-Look und Hologramme	379
10.5.8	Anwendung von 2D-Motion-Blur	379
10.5.9	Retiming mit Optical-Flow	380
10.5.10	Anpassung der Rauschmuster und der Körnung im Filmmaterial	381
10.6	Tiefen-Compositing	381
10.6.1	Grundlagen des Depth-Compositings	381
10.6.2	Anwendung des Depth-Compositings	382
10.6.3	Deep-Compositing	384
10.6.4	Praktische Erwägungen für das Deep-Compositing	386
10.7	Quellen	388
	Literatur	388
	Ausblick	389
	Sachwortverzeichnis	391