

HANSER



Leseprobe

ZU

3D-Fotos und -Videos

von Günter Pomaska

ISBN (Buch): 978-3-446-45630-3

ISBN (E-Book): 978-3-446-45715-7

ISBN (ePub): 978-3-446-45823-9

Weitere Informationen und Bestellungen unter
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45630-3>
sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Von der Camera obscura zur VR-Brille	1
1.2	Stereoskopie und Stereofotografie	2
1.3	Analog fotografieren und hybrid verarbeiten	4
1.4	Digitale Fotos und Videos mit Smartphone, Action Cam & Co.	5
1.5	Bildbetrachtung mit Stereoskop oder Anaglyphenbrille	6
2	Zur Geschichte des Raumbildes	11
2.1	Stereoskopie und Fotografie	11
2.2	Bildverlage, Stereokarten, Genres	14
2.3	Entwicklungen der Kameraindustrie	18
2.4	Stereofotografie mit dem Glyphoscope	21
3	In die Tiefe schauen mit Kalkül – räumliches Sehen und Aufnahmeplanung	27
3.1	Betrachtung von Raumbildern	27
3.2	Training der freiäugigen Betrachtung	28
	3.2.1 Mit Schielen zum Raumbild – der Kreuzblick.....	30
	3.2.2 In die Ferne schauen – der Parallelblick	31
3.3	Zur Geometrie des Stereobildes	32
3.4	Durch das Fenster geschaut – Scheinfenster und schwebendes Fenster	38
3.5	Kamerahaltung und Bildgestaltung	40

4	Analoge 3D-Fotografie	47
4.1	View-Master – ein System für das Kleinformat	49
4.1.1	View-Master Personal	51
4.1.2	View-Master Color	54
4.1.3	Montage und Projektion	56
4.2	Fotografie mit der Stereokleinbildkamera	59
4.2.1	Die Amerikaner: Stereo Realist & Co.	60
4.2.2	Belpasca aus Dresden	64
4.2.3	FED Stereo	71
4.3	Stereokameras für den 120er Rollfilm	74
4.3.1	Duplex Super 120	74
4.3.2	Stereokamera Sputnik	78
4.4	3D-Fotografie mit Monokameras	80
4.4.1	Halbbilder mit Standpunktwechsel	80
4.4.2	Strahlenteiler	85
4.4.3	Synchron-Gespanne	87
4.5	Präsentation analoger Stereobildpaare	90
4.5.1	Diarahmung und Durchlichtbetrachtung	91
4.5.2	Projektion von Stereodias	93
5	Hybride Stereobild-Bearbeitung	97
5.1	Auf Polyester gebannt	98
5.1.1	Filmformate	99
5.1.2	Filmtypen und Entwicklung	100
5.2	Digitalisierung von Filmen	106
5.2.1	Vom Bild zum Pixel mit dem Flachbettscanner	106
5.2.2	Abfotografieren des Filmmaterials	107
5.3	Bildverbesserung und Umbildung	109
5.3.1	Radiometrische Bildverbesserung	109
5.3.2	Geometrische Umbildung	111
5.4	Auflichtbetrachtung	116
5.4.1	Paralleles Sehen mit Stereokopern	119
5.4.2	Mit ImageMagick zum Sbs-Format	121
5.4.3	Übereinandergedruckt – die Anaglyphentechnik	123
5.4.4	Online-Anaglyphen mit PHP	126
5.4.5	In Streifen zerlegt – Lentikularbilder	132
5.5	3D-Foto-Editoren	133
5.5.1	Anaglyphensoftware	133
5.5.2	StereoPhoto Maker	137
5.5.3	3DCombine	141

6	Digitale 3D-Fotografie	143
6.1	Das algorithmische Bild	144
6.1.1	Kamerakalibrierung.....	144
6.1.2	Präzision ohne Basis	150
6.1.3	Fokus-Stacking	155
6.1.4	High Dynamic Range (HDR)	157
6.1.5	Serienaufnahmen ohne Geister.....	159
6.2	Twin-Sets oder Gespanne	161
6.2.1	Digitale Kompakte	161
6.2.2	Action Cams	166
6.2.3	Eine Himbeere mit zwei Augen.....	172
6.3	3D-Fotografie mit der digitalen Zweiäugigen	177
6.3.1	Fuji Finepix Real 3D.....	178
6.3.2	Nah dran mit Lumix 12.5.....	182
6.4	Generation Selfie – smart 3D	186
6.4.1	Spiegel für dynamische Motive.....	189
6.4.2	Makro mit dem Handy.....	191
6.4.3	3DSteroid für Smartphones und Tablet-Computer	193
6.5	Stereoskopisches Panorama	196
6.5.1	Rotierende Basis.....	197
6.5.2	3D-Panorama mit einer Monokamera	200
6.5.3	3D-Panorama mit einer 360-Grad-Kamera.....	201
7	Als die Bilder laufen lernten – vom 3D-Foto zum 3D-Video	205
7.1	Software für Cut & Play	207
7.1.1	Videoschnitt	207
7.1.2	StereoMovie Maker.....	211
7.1.3	3D-Videoplayer	212
7.2	Mediadaten	214
7.3	Vom Foto zur Videoshow	222
7.4	3D-Videoaugen	225
7.4.1	Miniatürkameras – die Kamerazwerge	225
7.4.2	Parallelbetrieb zweier Webcams.....	226
7.4.3	Hardware mit zwei Augen – 3D-Pocket-Camcorder	229
7.4.4	Kamerastabilisierung.....	234
7.5	Rundumblick im Video	235
7.5.1	360-Grad-Kameras	235
7.5.2	YouTube im 3D-Modus.....	238
7.5.3	Virtual Reality (VR)-Brillen	240
7.5.4	Virtual Reality (VR) auf Webseiten.....	242

8	Reality Capture – fotorealistische Computermodelle für 3D-Druck, Mixed Reality & Co.	247
8.1	Computer können sehen	248
8.2	3D-Rekonstruktionen	251
8.2.1	Bildaufnahme und -vorbereitung	252
8.2.2	Orientierung und Modellbildung	254
8.2.3	Feinschliff der Rohdaten	261
8.3	3D-Stereo-Rendering	264
8.4	Mixed Reality	267
9	Schlusswort	271
9.1	Präsentation und Publikation	271
9.1.1	Projektion	272
9.1.2	Bildergalerien im Web	276
9.1.3	Fotos mit 3D-Effekt	278
9.2	VR-Brille statt Stereoskop?	279
9.3	Nostalgie und Gegenwart	281
	Stichwortverzeichnis	285

1

Einführung

■ 1.1 Von der Camera obscura zur VR-Brille

Ein Foto ist ein zweidimensionales Medium, das räumliche Informationen als Zentralprojektion aufzeichnet. Die mathematisch korrekte Zentralprojektion ist seit Mitte des 15. Jahrhunderts nachgewiesen. Als Vorlage der Perspektive diente Malern die Camera obscura. Eine dauerhafte Aufzeichnung der Bilder wurde dagegen erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit der Entwicklung fotografischer Verfahren möglich. Sir Charles Wheatstone gelang etwa zur gleichen Zeit mit seinem Stereoskop genannten Apparat der Nachweis, dass räumliches Sehen beim Menschen durch die leicht unterschiedlichen Blickwinkel des rechten und des linken Auges begründet ist.

Man kann also mittels zweier Bilder, die von unterschiedlichen Standpunkten aus aufgenommen werden, einen künstlichen Raumeindruck hervorrufen. Unter dem Begriff Stereoskopie versteht man die Gesamtheit der Verfahren zur Aufnahme und Wiedergabe von raumgerechten Bildern. Ebenso hat sich die Bezeichnung 3D für Fotografie und Film durchgesetzt, konkurriert aber heute mit Begriffen der Computergrafik. Eine 3D-Computergrafik ist üblicherweise eine Abbildung des intern gespeicherten Datenmodells einer 3D-Szene. Man spricht auch von einem Rendering. Hingegen besteht eine 3D-Fotografie aus zwei Bildern, dem linken und rechten Halbbild eines Bildpaares, das bei binokularer Betrachtung als Raumbild erscheint. Die Stereofotografie wird auch mit dem Begriff S3D bezeichnet.



Stereobild

Ein Stereobild besteht aus zwei Halbbildern, einem für das rechte und einem für das linke Auge, die bei gleichzeitiger getrennter Betrachtung zum Raumbild verschmelzen.

Die 3D-Fotografie hat in den letzten 150 Jahren immer wieder mal mehr und mal weniger Aufmerksamkeit hervorgerufen. In den Anfängen war es die weite Verbreitung der Stereokarten und Betrachtungsgeräte, die in den Wohnzimmern des Bürgertums präsent sein mussten. Es folgten Dokumentationen des Ersten Weltkrieges auf Glasplatten und in Deutschland die Propaganda während der NS-Herrschaft durch den Raumbild-Verlag Otto Schönstein. Um 1930 hatte Otto Gruber die Idee des View-Masters, der bis heute noch aktuell ist. Mitte des 20. Jahrhunderts wurden diverse Stereokameras für den Kleinbildfilm produziert. 2010 war das Jahr der 3D-Fernseher. Am 28. August 2010 erschien die Bild-Zeitung komplett als Anaglyphendruck in 3D. Heutzutage sind wir durch Googles Cardboard bei Virtual Reality auf dem Smartphone angekommen.

Doch worin besteht der Mehrwert eines Raumbildes? Sicher ist es immer noch der Wow-Effekt beim Tiefeneindruck, mehr noch als das Motiv selbst, das ebenso die Forderung nach 3D stellen kann. Bei der Vielzahl an Apps für Smartphones finden sich auch etliche Pseudo-3D-Apps in den Stores. Das Interesse an räumlichen Darstellungen ist demnach ungebrochen. Probieren Sie es doch einfach einmal mit Print und Stereoskop, Anaglyphenbrille, Google Cardboard oder Website aus – analog, hybrid oder digital.

Dieses Buch soll kein Kompendium der Stereoskopie sein. Es ist eine Anleitung zum Fotografieren mit bzw. in 3D sowie zur Raumbildpräsentation mithilfe der technischen Möglichkeiten von Computer und Internet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Zuge der neuen Do-it-yourself-Bewegung, der Maker-Szene, die analoge Fotografie unter den Kreativen weiterlebt. *Do it yourself* (kurz: DIY, Englisch für *Mach es selbst*) ist eine Bewegung, die Anfang der 1950er Jahre entstand. Hinter dem Begriff steht die Idee, handwerkliche Tätigkeiten selbst und ohne professionelle Hilfe auszuführen. Die Thematik ist nach wie vor aktuell und findet heutzutage Ausdruck in der Maker-Szene. In vielen Städten gibt es FabLabs, offene Werkstätten oder Maker Spaces, in denen hochtechnisierte Produktionsmittel wie 3D-Drucker oder CNC-Maschinen der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen. Ähnliche Motivationen zum Selbermachen findet man auch unter den Fotofreunden.

■ 1.2 Stereoskopie und Stereofotografie

Die Stereoskopie entfaltete bei fast gleichzeitiger Entwicklung der Fotografie um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert eine besondere Faszination. Fotografische Apparate dieser Zeit wird man heutzutage kaum noch einsetzen, die Entwicklungen der Fotoindustrie aus den 1950er Jahren sind aber für den vorangehend erwähnten Anwenderkreis durchaus von Interesse. Eine andere Gruppe von Leuten sieht sich durch die hochaktuelle virtuelle Realität auf mobilen Computern mit der Stereoskopie und 3D-Verfahren konfrontiert.

In diesem Buch geht es um die praktische Anwendung von 3D-Fotografie – von der analogen Technik über die hybride Stereobildbearbeitung bis hin zur rein digitalen Technik. Dabei stehen Budgetlösungen für den ambitionierten Amateur im Fokus, nicht professionelle High-End-Systeme. Anstelle von umfangreichen theoretischen Abhandlungen, wie man sie in Fachbüchern zur 3D-Fotografie findet, enthält dieses Buch eine Vielzahl von praktischen Hinweisen zu Materialien, Aufnahmetechnik und Bezugsquellen.

Die zeitgleiche Aufnahme zweier parallaktisch unterschiedlicher und annähernd inhaltsgleicher Halbbilder verlangt dem Fotografen zusätzliche Fertigkeiten ab. Nur bei Einhaltung gewisser Restriktionen gelingt die Verschmelzung zum Raumbild bei der Betrachtung eines Stereobildes. Da auch die Betrachtung in aller Regel eine besondere Einrichtung erfordert, muss man sich eingangs unbedingt mit der Rechtfertigung und Charakteristik eines Raumbildes auseinandersetzen.

Auf einige Phänomene der Raumbildbetrachtung soll kurz hingewiesen werden. In monotonen Motiven tritt die Oberflächenstruktur der Objekte besser in Erscheinung. Bei Mineraliensammlern ist daher die 3D-Fotografie übliche Praxis. Auch ist dort das stereoskopische Glitzern gefragt. Die Interpretation einer extrem komplexen Szene wird durch die räumliche Betrachtung wesentlich erleichtert.



Bild 1.1 Interpretation von Wasseroberfläche und Spiegelbild

Andere Phänomene der Raumbildbetrachtung sind das Erkennen verdeckter Strukturen, die Akzeptanz nicht fokussierter Halbbilder oder auch das Auffüllen leerer Bildbereiche. Es ist hinreichend, wenn nur ein Halbbild die richtige Fokussierung aufweist. Das zweite Bild kann dagegen mit Unschärfe daherkommen, denn das Gehirn bevorzugt beim Verschmelzungseffekt der Bilder gewisse Daten.

Wasseroberfläche und Spiegelbild der Pergola aus Bild 1.1 stehen senkrecht aufeinander, was im Raumbild deutlicher erkennbar ist als im Monobild. Auch Bild 1.2 zeigt, dass im Raumbild mehr Information steckt – hier dargestellt durch die Halbbilder und die Tiefenmatrix, berechnet aus dem Stereobildpaar. Helle Bildbereiche liegen näher an der Kamera als dunkle Bereiche.



Bild 1.2 Tiefenmatrix – die dritte Dimension im Stereobild

Die wissenschaftlich-technische Auswertung und Interpretation des Bildmaterials, z. B. bei der Ermittlung von maßgerechten Informationen der Objekte, ist notwendigerweise ein Einsatzgebiet der Stereoskopie. Der technisch interessierte Fotograf findet den Reiz in der besonderen Art der Bildgewinnung, während der Beobachter dem Wow-Effekt bei der Betrachtung erliegt. Machen wir uns also auf in die Welt der Stereoskopie bzw. 3D-Fotografie!

■ 1.3 Analog fotografieren und hybrid verarbeiten

Unter Anwendung der digitalen Fotografie gelangen auch dem Fotoamateur Bilder mit beeindruckender Qualität. Ein Vollformatsensor der Auflösung von 50 MP (z. B. Canon EOS 5D 8688 × 5792 Pixel Auflösung) liefert hinreichend Daten für einen hochwertigen Druck in der Größe DIN A1. Berücksichtigt man die weitergehenden Möglichkeiten der Aufnahmetechnik und der digitalen Weiterverarbeitung, kommt die Frage auf, warum man überhaupt noch analog fotografieren sollte?

Aufgrund der immer schneller fortschreitenden digitalen Fototechnik, seien es Kamera- oder Softwareentwicklungen, erhält auch die Community der analogen Fotofreunde als Gegenbewegung wieder vermehrt Zuspruch. Im Internet hat sich ein Netzwerk aus Lieferfirmen für Filmbedarf und Zubehör, Entwicklungslaboren, Anwenderforen und Auktionsportalen herausgebildet. Die Ursprünge hierfür liegen sicherlich auch in der Wiederbelebung der 1982 entwickelten russischen Kleinbildkamera Lomo LC-A durch eine Gruppe Wiener Studenten, woraus der Begriff Lomografie entstanden ist.

Trotz oder gerade wegen des Siegeszuges, den die digitale Fotografie angetreten hat, besteht die Faszination des Analogem bei kreativen Fotoliebhabern weiterhin. Vergleich-

bares ist mit der Stereofotografie festzustellen. Noch immer tritt ein Aha-Effekt ein, wenn ein Bildpaar im Stereobetrachter zum Raumbild verschmilzt. In diesem Buch begegnen Sie den vielen Facetten der 3D-Fotografie.

Nach einem Exkurs in die Geschichte der Stereoskopie und Fotografie in Kapitel 2 wird die 3D-Fotografie ab den 1950er Jahren in Kapitel 4 nicht nur nacherzählt, sondern nachgearbeitet. Die Apparate des vergangenen Jahrhunderts sind auf den Auktionsplattformen im Internet als Sammlungsstücke und als Gebrauchsgeräte noch zu erwerben.

Neuwertige analoge Kameras, vornehmlich russischer Konstruktion, können Sie bei der Lomographischen Gesellschaft erwerben. Nachbauten deutscher Klassiker wie Leica oder Contax können Sie auf Internetauktionen ersteigern. Bei eBay finden Sie neben den fotografischen Apparaten aus vergangenen Zeiten auch die entsprechenden Ersatzteile und das Zubehör. Nicht mehr produzierte Filmformate und abgelaufenes Material sind begehrte Objekte der Bieter. Was der analoge Fotoenthusiast beim Umgang mit der alten Technik empfindet, mag ein Außenstehender nicht nachempfinden können. Doch bei der Betrachtung eines professionellen Schwarzweißfotoabzuges auf klassischem Barytpapier in Museumsqualität entdeckt auch ein unvorbelasteter Beobachter das Potenzial der analogen Fotografie wieder.

Hybride Verarbeitung ist das Stichwort beim Übergang vom Analogen zum Digitalen. Mit eben dieser hybriden Stereobildbearbeitung beschäftigt sich Kapitel 5. Den analogen Kameras wird wieder eine Chance gegeben – und zwar den Apparaten, die der Hobbyfotograf noch im Schrank hat, oder den Gebrauchsmodellen, die man auf Auktionsplattformen erwerben kann. Der Film muss mit chemischen Mitteln entwickelt werden, die Negative bzw. Diapositive kommen auf den Scanner. Dabei wird auch ein kritischer Blick auf den Einsatz der betagten Apparate geworfen. Objektiv ist der individuelle Vorzug einer analogen Stereokamera aus Leningrad gegenüber einem Gespann digitaler Kompakter selbstverständlich nicht zu beurteilen. Die Auseinandersetzung mit den Apparaten und Methoden orientiert sich an der Einstellung zu Verlangsamung und Individualität der Fotografie.

■ 1.4 Digitale Fotos und Videos mit Smartphone, Action Cam & Co.

Die Zielsetzung dieses Buches hinsichtlich Aufnahme und Wiedergabe der seit etwa 1850 bekannten Stereoskopie ist selbstverständlich auch unter den heutigen Gegebenheiten zu sehen. Mitte des 20. Jahrhunderts wurde eine neue Generation von Kameras für die Kleinbildfotografie entwickelt. Jetzt zu Beginn des 21. Jahrhunderts sind wir mit mobilen Gerä-

ten wie Smartphone und Tablet-Computer in der virtuellen Realität angekommen. Kapitel 6 widmet sich daher den aktuellen digitalen Aufnahmesystemen und den erweiterten Techniken wie der HDR-Fotografie, dem Stacking, Panoramaaufnahmen, den VR-Formaten und dem 3D-Video. Das Cardboard aus dem Pizzakarton wird zum Stereoskop, 160 Jahre nach dessen Erfindung.

Das Angebot an klassischen digitalen Stereokameras ist nicht sehr umfangreich. Die artenreine Digitalverarbeitung bekommt jedoch einen neuen Schub durch den derzeitigen Hype um Action Cams, 360-Grad-Kameras und VR-Brillen wie Oculus Rift & Co. Spätestens beim Blick durch die VR-Brille tritt bestimmt der schon erwähnte Wow-Effekt ein. Völlig neue Wege werden durch die 360-Grad-Videotechnik beschritten, die der Kategorie Virtual Reality zugeordnet wird (Kapitel 7). Auch Reality Capture ist eine der aktuellen Aufnahmetechniken (Kapitel 8). Hier wird nicht nur mit RGB-Kameras gearbeitet, sondern Tiefenkameras ermitteln das räumliche Abbild, während der Fotosensor für die Textur sorgt. Somit kommt es zu Modellen der Wirklichkeit, die in Computerszenarien eingefügt werden oder den 3D-Drucker füttern. Wer von diesen Modellen ein stereoskopisches dreidimensionales Bild (S3D) oder Video erzeugen möchte, der definiert in der Rendersoftware eines Animationsprogramms eine stereoskopische Kamera.



Mit der Videotechnik kann das Printmedium nur bedingt mithalten. Deshalb finden Sie auf meinem YouTube-Kanal <https://www.youtube.com/user/MrGuenter48> Videos und VR-Material. Ein Großteil der Weblinks in diesem Buch können Sie übrigens auch über einen QR-Code (siehe Randspalte) aufrufen.

Sobald wir in die Trickkiste der Digitalfotografie greifen, müssen wir uns auch mit der Anwendungssoftware auseinandersetzen (Kapitel 7). Hier werden wir fast ausschließlich auf Open-Source-Tools und Freeware zurückgreifen. Bildverarbeitung und Stereomontage sind gefragt. Mit ImageMagick und FFmpeg, den Kommandozeilenwerkzeugen für Foto und Video, geht es der Sache auf den Grund. Bei Bedarf schauen wir nach einem Panoramatool, bemühen Programme für das Reality Capture und nutzen die Blender Render Engine.

■ 1.5 Bildbetrachtung mit Stereoskop oder Anaglyphenbrille

Nach einem Blick auf die ersten Jahre der Stereoskopie und Fotografie in Kapitel 2 wendet sich Kapitel 4 der analogen Aufnahmetechnik aus Sicht des Fotoenthusiasten sowie der Präsentation des Originalbildmaterials zu. Es wird gezeigt, wie man mit den zweiäu-

gigen Sucherkameras aus den 1950er Jahren Diapositive im Bildbetrachter und in der Projektion mit Polfiltertechnik anschauen kann. Mit der hybriden Methode, das heißt der digitalen Auswertung und Bearbeitung analoger Aufnahmen, die in Kapitel 5 vorgestellt wird, wachsen die Aufnahmewelten der Veteranen mit denen moderner Kameras zusammen.

Kapitel 9 zeigt, wie das erstellte Bildmaterial zeitgemäß publiziert wird. Die Daten lassen sich nicht nur in Form von Printmedien, sondern auch via TV und Beamer präsentieren. Internet, Tablet-Computer, Smartphone und natürlich VR-Brillen sind die angesagten Medien.



Die Website zum Buch (<http://www.3D.imagefact.de>) bietet Ihnen Bildmaterial und Zusatzinformationen an.



Im Buch sind analoge Stereobilder als Stereokarten im Side-by-Side-Format gestaltet (siehe Bild 1.3). Das Bildformat ist konform zum Raumbild-Verlag-Stereoskop. Die Halbbildbreite beträgt 52 mm, die Seitenverhältnisse sind 1 : 1, 3 : 2 oder 4 : 3. Mit den gängigen Prismenbetrachtern und Lorgnetten bzw. über den sogenannten Parallelblick stellt sich das Raumerlebnis ebenfalls schnell ein. Bitte erlauben Sie den Augen ein paar Sekunden Eingewöhnungszeit. Wenn Sie Bedarf an einem Loreo Lite 3D Viewer oder an einer Lorgnette haben, dann besuchen Sie <http://perspektrum.de> als Bezugsquelle für Stereozubehör. Natürlich gibt es auch andere Bezugsquellen, aber diese Empfehlung gestatte ich mir.

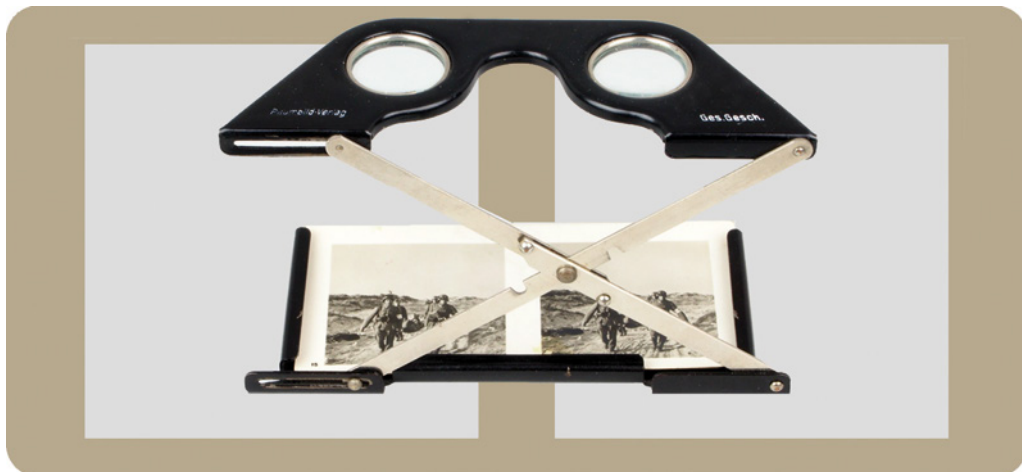


Bild 1.3 Für das Raumbild-Verlag-Stereoskop formatierte Stereokarte (alternativ stellt sich das Raumerlebnis auch über die gängigen Prismenbetrachter und Lorgnetten oder den Parallelblick ein)

Des Weiteren finden Sie großformatige Anaglyphenbilder für die Betrachtung mit einer Rot-Cyan-Brille (siehe Bild 1.4), die diesem Buch beiliegt, und Anordnungen für den freijügigen Kreuzblick im Buch (siehe Bild 1.5).



Über die Website zum Buch (www.3d.imagefact.de) haben Sie wahlfrei den Zugriff auf gängige Stereoformate und hohe Auflösungen.

Von den Stereokarten im Side-by-Side-Format abgesehen, sind die im Buch enthaltenen 3D-Bilder immer mit einem der folgenden vier Icons (siehe Tabelle) versehen – abhängig davon, durch welche Betrachtungsweise sich der 3D-Effekt einstellt. In Kapitel 3 erfahren Sie, wie Sie den Parallelblick bzw. Kreuzblick anwenden.

Symbol	Betrachtungsweise
	Parallelblick (alternativ Prismenbetrachter oder Lorgnette)
	Kreuzblick
	Rot-Cyan-Brille
	Google Cardboard, VR-Brille

Die Bildmotive haben nicht den Anspruch, höchste fotografische Qualität zu erreichen. Es steckt meistens auch ein experimenteller Charakter in den Abbildungen. Die entsprechende Hardware (Kameras sowie Betrachtungseinrichtungen) sollte unbedingt zum Einsatz kommen. Dem Alter der Geräte entsprechend kommen in den folgenden Kapiteln zunächst das Glyphoscope von Jules Richard, die Stereo Realist und die Belplasca zur Anwendung. Die analoge Phase wird mit den russischen Zweiäugigen (Sputnik) beendet. Anhand digitaler Twin-Sets und der zweiäugigen Fuji Real 3D werden die entsprechenden Aufnahmetechniken vorgestellt. Sodann sind wir schon bei den Gadgets, den Action Cams, der Smartphone-Fotografie und den 360-Grad-Formaten in der heutigen Welt des Internets angelangt. Hardware und Software haben Vortritt gegenüber Bildgestaltung und Motivwahl.

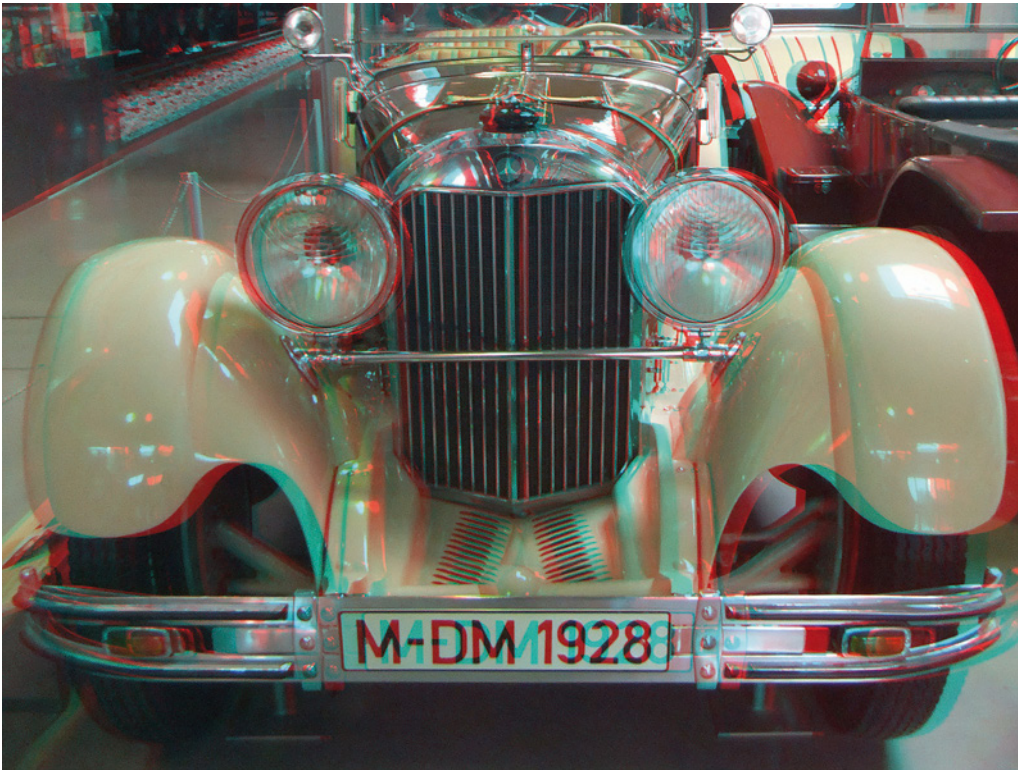


Bild 1.4 Daimler aus dem Jahre 1928 (aufgenommen mit Fuji Fine Pix Real 3D im Deutschen Museum Verkehrszentrum)

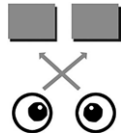


Bild 1.5 Reiterstandbild des Herzogs Friedrich Wilhelm auf dem Schloßplatz in Braunschweig (Action Cam mit HDR-Bearbeitung, Kreuzblick)

reich nach 1 Sekunde bereits bei etwa 350 m, ausgewiesen durch den Basisrechner. Seien Sie also nicht zu großzügig mit dem Zeitintervall. Nehmen Sie kurze Intervallzeiten über einen längeren Weg, oder entscheiden Sie sich vielleicht sogar für das hochaufgelöste Video. Zur Aufnahmen von Wolkenformationen oder für entfernte Landschaftsobjekte ist die Intervallmethode gut geeignet.

6.1.3 Fokus-Stacking

Die Schärfentiefe (synonym mit Tiefenschärfe) ist der Bereich des Objekts, der auf dem Foto scharf abgebildet wird. Mit Tiefe wird dabei der Abstand weg vom Objektiv bezeichnet. Einen großen Bereich Tiefenschärfe erzielt man mit weitwinkligen Objektiven und kleiner Blende, einen kleinen Bereich mit längeren Brennweiten und großer Blende. Vom Objektiv aus gesehen, wird ein Lichtkegel auf die Filmebene projiziert, dessen Spitze bei korrekter Fokussierung mit der Filmebene zusammenfällt. Ist das nicht der Fall, entsteht ein Zerstreungskreis, der ab einer gewissen Größe als Unschärfe gesehen wird. Im Vergleich zur Lochkamera, bei der der Abstand zwischen Lochblende und Bildebene konstant ist und der Zerstreungskreis durch die Größe der Öffnung bestimmt ist, kann der Abstand zwischen Bildebene und Objektiv bei einem Linsensystem verändert und so der Objektentfernung angepasst werden.

Am Beispiel von Bild 6.13 wird der Vorgang ersichtlich. Das Bild ist auf die vordere Taste V der Computertastatur fokussiert. Der weiße Rahmen markiert den Fokusbereich. Die Tasten im Hintergrund sind unscharf. Im mittleren Teil von Bild 6.13 ist auf die Taste G fokussiert, der vordere Bereich ist nunmehr unscharf. Im rechten Teil ist die Tastatur im Vordergrund unscharf, fokussiert wurde auf die Taste 6. Eine derartige Fokuserienaufnahmen kann man je nach Kameramodell manuell oder automatisch anfertigen und zum Ergebnisbild zusammenfügen. Bei der hier benutzten Olympus Pen EP-5 ist die Größe des Bildausschnitts für den Autofokus wählbar. Auf dem Touchscreen ist dieser über den Bildbereich zu verschieben. Manuell wird eine Aufnahmeserie mit variabler Bildebene bei fester Brennweite ausgelöst. Natürlich gilt das nur für statische Motive mit Stativ und Kabelauslöser, bzw. Zeitauslöser.



Bild 6.13 Tiefenschärfe am Beispiel der Fokussierung auf eine Tastatur

In Bild 6.14 haben wir es mit einem klassischen Magnetspielzeug zu tun. Die Tänzerin, die sich vor dem Spiegel drehen kann, ist etwa 6 cm groß. Bei einer Aufnahmeentfernung von etwa 20 cm ist ein Tiefenbereich von ca. 8 cm zu erfassen. Das ist die eigentliche Figur im Vordergrund, das Spiegelbild, der Spiegel selbst und ggf. der Hintergrund im Spiegel. Mit sechs bis neun Aufnahmen kommen Sie zu einem guten Ergebnis.

Für das Stacking benötigen Sie Softwareunterstützung. Das Problem löst Picolay⁵ von Heribert Cypionka, eine Freeware für Windows. Der Download liefert eine ausführbare Datei und einen Beispieldatensatz, mit dem man experimentieren kann. Die Bedienung der Programmoberfläche ist denkbar einfach. Sie laden eine Bilderreihe und starten den Stacking-Prozess. Am Ende der Prozedur wird das Ergebnisbild gespeichert. Über die Parametereinstellungen können Sie bei Bedarf noch etwas an den Stellschrauben drehen. Alternativ bieten sich professionelle Lösungen oder Bildbearbeitungsprogramme an. Meine Erfahrungen mit Picolay sind mehr als zufriedenstellend. Wichtig bei der Aufnahme ist eine stabile Kameraaufstellung, verbunden mit dem Stereoschlitten für die kleine Basis.



Bild 6.14 Tänzerin vor dem Spiegel (Höhe der Figur: 6 cm)

Eine weitere Anwendung des Fokus-Stackings ist die Aufnahme der Musikkapelle, die wiederum in ein Bildpaar einer vorhandenen Straßensituation hineinmontiert wurde (siehe Bild 6.15). Die Kameraorientierungen beider Aufnahmen müssen dabei in etwa übereinstimmen. Mit horizontaler Kamera müssen wir die Richtung einigermaßen hinbe-

⁵ Picolay-Software: <http://www.picolay.de>

kommen. Die Größenanpassung bei der Montage ist nicht das hauptsächliche Problem. Soll die Aufgabe nicht näherungsweise, sondern präzise durchgeführt werden, dann ist die Lösung nicht trivial.



Bild 6.15 Die Blasmusik kommt! (Stereobildmontage)

Ebenfalls mit einer kurzen Basis wurden die Aufnahmen der Treppensteiger auf der Computerplatine erstellt (siehe Bild 6.16). Die Figuren von Preiser im Maßstab 1:87 eignen sich gut für Table-Top-Aufnahmen. Auch in diesem Fall kam die Olympus Pen zum Einsatz.

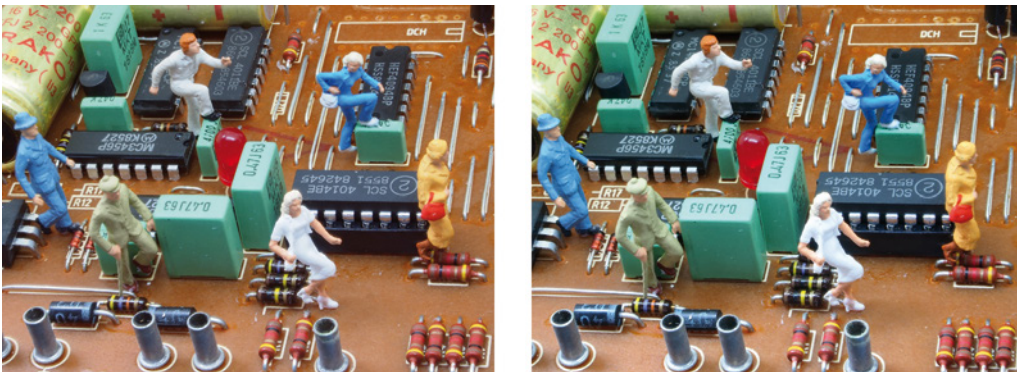
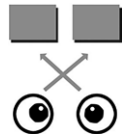


Bild 6.16 Table-Top-Aufnahme mit der Olympus Pen EP 5 (Monokamera mit Basisverschiebung)



6.1.4 High Dynamic Range (HDR)

In der Fotografie gilt der Dynamikbereich als Quotient zwischen dem größten und kleinsten Helligkeitswert und wird in Blendenstufen angegeben. Die Kombination aus Blende, Belichtungszeit und Empfindlichkeit (ISO-Wert) ist der Lichtwert. Während sich das Auge in der Natur den Lichtwerten dynamisch anpassen kann, können Kamerasensoren nur

einen geringeren Dynamikumfang abbilden. Zwischen nächtlicher Dunkelheit und hellem Sonnenschein liegen etwa 20 Lichtwerte, Kameras sind auf etwa acht Lichtwerte beschränkt. Zur Erhöhung des Dynamikumfangs eines Sensors bedient man sich der HDR-Fotografie. High Dynamic Range ist die Aufnahme einer Bildserie mit einer erweiterten Berechnung des Lichtwertebereichs. Ohne Verlust von Details oder Natürlichkeit werden dunkle Stellen aufgehellt, helle Stellen abgedunkelt. Diese Berechnung kann unmittelbar in der Kamera erfolgen. Beim Smartphone sind in extrem kurzer Zeit Mehrfachbelichtungen möglich.

Für die manuelle Bearbeitung benötigen Sie einen festen Standpunkt, von dem aus Sie eine Bildserie aus fünf bis sieben Bildern bei fester Blendeneinstellung mit in Stufen variierenden Belichtungszeiten (EV-Stufen) anfertigen. Die Bilder werden im RAW-Format gespeichert. Software zur Auswertung der HDR-Serienbilder ist weit verbreitet. Sie haben die Wahl zwischen Freeware und lizenzierten Programmen. Die Programme arbeiten immer in zwei Stufen, der Bestimmung des größten Kontrastumfangs und dem anschließenden Tonemapping. Letzteres reduziert den Kontrastumfang für das Ausgabegerät. Immer beliebter werden dabei auch künstlerische Effekte mit dramatischen Strukturen. Professionelle Programme lösen parallel dazu auch das Problem des Ghostings, die Entfernung sich bewegender Objekte. Es besteht jedoch auch der Wunsch nach dem Umkehr-effekt, also Personen mit Bewegungsunschärfe bewusst einzurechnen.

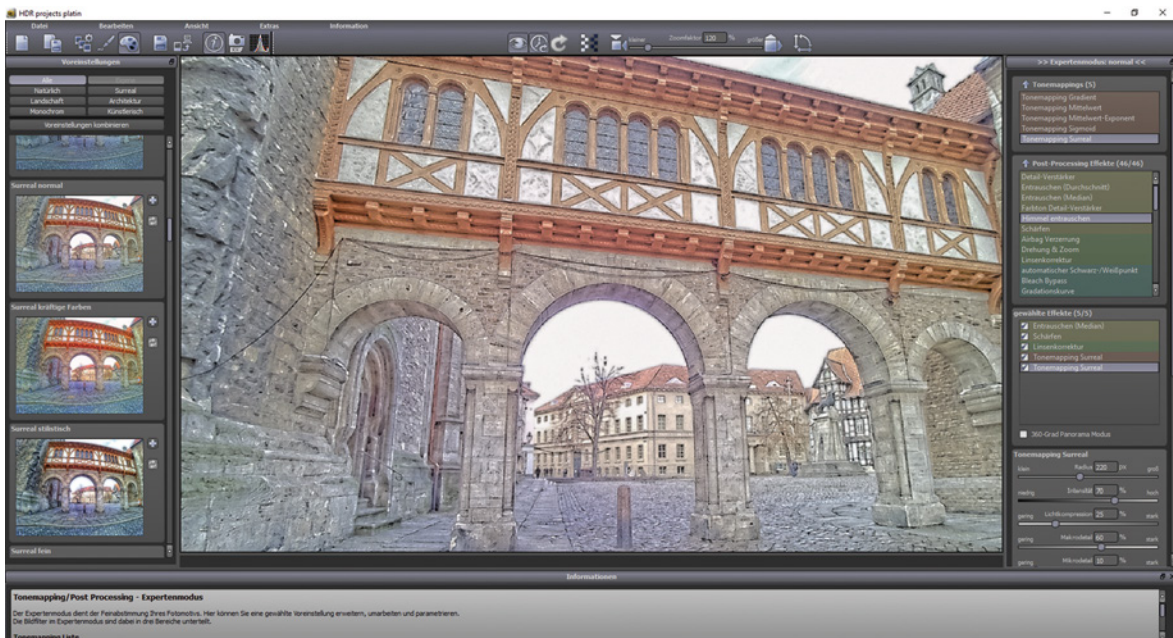


Bild 6.17 Bild mit surrealem Effekt und Benutzeroberfläche von HDR Projects: Menü *Voreinstellungen* (links), *Tonemapping* und *Post Processing* (rechts)

Es würde ausufern, hier die Details einzelner Softwareapplikationen zu erläutern. Ich zitiere aus dem Ranking der Website Gizmo's Freeware:⁶ Am einfachsten zu bedienen (insbesondere für Anfänger) ist Picturenaut. Wer sich etwas mehr mit seinen Bildern beschäftigen möchte, wählt Fusion Q. Mein persönlicher Favorit ist HDR Projects aus dem Franzis Verlag, das für einen moderaten Lizenzbetrag erhältlich ist (siehe Bild 6.17). Zu den voreingestellten Effekten kann man das Tonemapping mit eigenen Einstellungen anwenden und bekommt etliche Postprocessing-Funktionen, einschließlich der Linsenkorrektur, angeboten. Man benötigt keine Bildserie, es geht schon mit einem Bild los. Inwieweit die künstlerischen bzw. künstlichen Effekte das Raumbild manipulieren, mag der Betrachter entscheiden. In Bild 6.18 sehen Sie eine etwas dramatische Aufnahme vom Schlossplatz in Braunschweig (für den Kreuzblick geeignet).

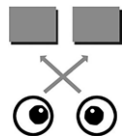


Bild 6.18 Schlossplatz in Braunschweig: Stereobild für den Kreuzblick mit leicht dramatischem Effekt

6.1.5 Serienaufnahmen ohne Geister

Im Museum oder bei Außenaufnahmen wird immer jemand durch das Bild laufen. Sollen bewegte Objekte aus den Bildern entfernt werden, gibt es eine Software- und eine fotografische Hardwarelösung. Im letzteren Fall schalten Sie einen Neutralsichtfilter (ND-Filter) vor die Kamera und belichten mit Langzeitauslösung. Durch den Filter werden Objekte, die sich vor der Kamera bewegen, nicht erfasst. Wie bei allen Serien und Langzeitaufnahmen ist das stabile Stativ notwendig.

Die wohl einfachere Softwarelösung benötigt ebenfalls eine stabile Kameraaufstellung und möglichst einen Fernauslöser für erschütterungsfreie Aufnahmen. Die Aufnahme-

⁶ Website mit Informationen zu freier Software: <https://www.techsupportalert.com>

technik gilt immer bei Serienaufnahmen, trotz der softwareseitigen Kompensation kleiner Bewegungen. Zur Anwendung kommt eine spiegellose, auf einer Stereoschiene montierte Canon G10 mit Funkfernauslöser. Bild 6.19 zeigt aus der Serienaufnahme jeweils zwei Bilder mit bewegten Objekten, die zu entfernen sind. Oder man versucht den Effekt auszunutzen und bringt die Elemente bewusst ins Bild. Schauen Sie sich die Einzelbilder einmal mit der Anaglyphenbrille an.



Bild 6.19 Bewegte Objekte in einer Bildserie

Das Stereobild vom Stadtmarkt in Wolfenbüttel mit dem Herzog-August-Denkmal wurde mit der Software Neat Projects (wie HDR Projects aus dem Franzis Verlag) bearbeitet. In einer Fotoserie werden mehrere Aufnahmen des gleichen Objekts vom linken und rechten Standpunkt einer Stereobasis aufgenommen. Die Bilderserien laden Sie in das Programm, und die Bewegungen werden unmittelbar automatisch herausgerechnet. Das automatisch gewonnene Ergebnis kann an Fehlstellen noch nachbearbeitet werden. Benutzereinstellungen für die Feinjustierung sind zahlreich möglich. Die Bildserie mit jeweils ca. zehn Aufnahmen von beiden Standpunkten aus ist nicht am Sonntag in der Frühe aufgenommen, sondern bei belebter Szenerie, aber dennoch von den bewegten Objekten befreit (siehe Bild 6.20).



Bild 6.20 Herzog-August-Denkmal am Stadtmarkt in Wolfenbüttel ohne störende Nebenobjekte

Zu Bild 6.20 ist noch einiges anzumerken. Die filigranen Strukturen der Dachziegel und des Straßenpflasters neigen zu Moiré-Effekten. Sofern diese auftreten, kann die Bildbearbeitung ggf. mit einem Weichzeichner aushelfen. Bildstörungen finden sich auch in der Anaglyphendarstellung. Man kann die Bilder aber nicht beliebig manipulieren, da man sonst die Parallaxen verfälscht. Auch ist das Postprocessing, wie es in Bild 6.17 probiert wurde, für die Stereowiedergabe nicht immer das probate Mittel. Also lassen Sie bitte etwas Vorsicht beim Postprocessing und den künstlerischen bzw. künstlichen Eingriffen walten.

■ 6.2 Twin-Sets oder Gespanne

Der Begriff Gespanne ist schon bei den analogen Kameras, verbunden durch Doppeldrahtauslöser, aufgetreten. Schicker hört sich der Begriff Twin-Set an. Damit assoziiert man gleichzeitig die digitale Welt. In diesem Abschnitt werden zwei Varianten von Twin-Sets vorgestellt. Bereits länger bekannt sind die Lösungen mit Canon-Kameras und der Software StereoData Maker (SDM). Mit den zahlreichen Modellvarianten der Kompakten und DSLRs haben sich die 3D-Fotografen ihre Systeme zusammengebaut. Eine neu zu diskutierende Lösung besteht aus zwei Action Cams, obwohl diese jeweils ein extrem verzeichnendes Weitwinkelobjektiv (bis zu 170 Grad) mitbringen. Die professionelle Lösung kommt von der Firma GoPro. Im Folgenden wird eine namenlose Variante mit 2,4 GHz Remote Control ausprobiert.

6.2.1 Digitale Kompakte

Mit dem Aufkommen digitaler Kompaktkameras in den Jahren ab etwa 2000 wurden auch die digitalen Gespanne interessant. Es existierte nun eine kostengünstige Alternative gegenüber den Spiegelreflexkameras. Aufgrund der kompakten Bauweise dieser digitalen Winzlinge sind Basisabstände um 65 mm problemlos zu montieren. Die Anordnung im Portraitformat zur Verringerung der Basis ist nicht zwingend notwendig. Eine Z-Schiene sorgt für den Zugang zu den Kameraschnittstellen auf beiden Seiten des Gespanns und das Aneinanderrücken der Objektive.

Für Canon-Kameras kam die Software Canon Hacker Development Kit (CHDK), eine alternative Firmware, als Open-Source-Projekt ins Internet, mit der die Apparate unabhängig von der originären Firmware manipuliert werden konnten. Auf der Basis von CHDK wurde die kostenfreie Software StereoData Maker (SDM) abgeleitet. Der Einsteiger kann

mit kleinem Budget ein digitales Gespann zusammenstellen und ist damit in jeder Aufnahmesituation schussbereit für 3D-Fotos. Ich empfehle, zunächst Erfahrungen mit einem preiswerten Gespann zu sammeln, bevor man in die Profiklasse wechselt. Anstelle der DSLR-Boliden greift man dann vielleicht zu den spiegellosen Systemkameras. Neben der ausgezeichneten technischen Qualität kommt bei den Spiegellosen leider die Eigenschaft „hochpreisig“ hinzu.

Für das hier vorzustellende Gespann bedienen wir uns zweier Canon Ixus 70 von der eBay-Plattform, die derzeit jeweils für unter 50 € zu haben sind (siehe Bild 6.21). Die Entwicklung der Canon-Kompaktkameras begann 1996 mit den IXUS-Modellen, andere Label waren Powershot, Digital Elph und Ixy. Aktuelle Modelle sind IXUS 190 und die Kompakten der Powershot-Reihe.

Den Synchronauslöser für die USB-Schnittstelle kann man nach Anleitung der Webseite⁷ selber bauen oder im Internet ein fertiges Exemplar bei Digi-dat⁸ erwerben. Mit diesem Auslöser ist eine hohe Synchronisierung, unter 1/16 000 s, beider Aufnahmen realisiert. Eine einfache Blitzschiene für 10 € koppelt die Kameras. Doch da mittlerweile der 3D-Druck den Siegeszug angetreten hat, konstruieren Sie vielleicht auch Ihr eigenes Exemplar. Meine Lösung hat eine mit GoPro vergleichbare Stativaufnahme und die Möglichkeit, die Basis ab 65 mm bis etwa 170 mm zu erweitern. Wasserwaage bzw. Dosenlibelle und ein handelsüblicher Handgriff ergänzen das DIY-Projekt. Diese Kamerahalterung können Sie für eigene Modifikationen als Sketchup-Datei im Internet herunterladen. Zum 3D-Drucken wird auch das STL-Format angeboten.⁹



Bild 6.21 Canon Ixus 70-Gespann mit DIY-Z-Stereoschiene

⁷ Anleitung zum Bau eines Synchronauslösers: <http://sdm.camera/sdm/documentation/Remote-switch.pdf>

⁸ Dienstleistungen für Medientechnik: <http://www.digi-dat.de/>

⁹ Kamerahalterung für IXUS70 bei Sketchfab (<https://sketchfab.com/models/fb05b24fa664412d98f58187df91152c>) und bei i.Materialise (<https://i.materialise.com/shop/designer/guenter-pomaska>)

StereoDataMaker (SDM) basiert auf dem Canon Hacker Development Kit (CHDK), einem Firmwareaufsatz, der als Open-Source-Projekt über die Website <http://chdk.wikia.com/wiki/CHDK> zu erreichen ist. Die Entwicklung von CHDK wurde 2006 von einem Programmierer namens VitalyB eingeleitet. Zu den Entwicklern von SDM gehört David Sykes. Download und Support erhalten Sie unter <http://sdm.camera/index.htm>.

SDM muss für jedes Kameramodell individuell auf einer SD-Karte installiert werden. Die Installation erfolgt auf dem PC mit dem Programm Assist von David Mitchell. Assist¹⁰ steht zum Download als ZIP-Archiv auch in deutscher Sprache bereit. Nach Entpacken des Archivs starten Sie unter Windows das Befehlskript mit *assistx.cmd* aus dem Dateieexplorer heraus. Zur Identifikation der Kamera und zum Download der Firmware benötigen Sie ein beliebiges mit der Kamera aufgenommenes Bild. Dieses ziehen Sie per Drag & Drop in die Applikation und folgen den weiteren Anweisungen des Dialogs. Wenn Sie es mit älteren Kameras zu tun haben, kann die OS-Version variieren. Machen Sie mit jeder Kamera ein Referenzbild, und benutzen Sie das entsprechende Bild zur Vorbereitung der SD-Karte. Sofern etwas nicht kompatibel ist, streikt die Kamera beim Einschalten. Nach Entnahme aus dem PC-Laufwerk aktivieren Sie den Schreibschutz der Karte, die jetzt erstmalig in der Kamera verwendet werden kann.

SDM meldet sich nach erstmaligem Einschalten (Booten) der Kamera mit einer Informationsseite, die Sie mit dem DOWN-KEY der Kameranavigationstaste durchblättern oder mit der MENÜ-Taste verlassen. Danach erscheint ein kleines Menü mit der Frage nach rechter oder linker Kamera eines Stereogespanns. Beantwortet wird mit der FUNC.SET-Taste. Die Kamera zeigt jetzt im Display den normalen Aufnahmemodus mit an. Mit einem kurzen Druck auf die MENÜ-Taste schalten Sie in den sogenannten Alt-Modus, ein längerer Druck danach ruft das SDM-Hauptmenü auf. Hier haben Sie die Wahl zwischen EasyModes und EasySettings. Bestätigen Sie die EasyModes mit FUNC.SET. Mit den Richtungstasten UP/DOWN können Sie weitere voreingestellte Kamerafunktionen wählen und gelangen nach Auswahl zurück in den Alt-Modus. Hier ist auf die Anweisungen des Softwaredialogs zu achten.

¹⁰ Automatic Simple SDM Installation Setup Tool: <http://www.zenoshrdlu.com/assist/de/assist.html>

Stichwortverzeichnis

Symbole

3DCombine 141
3D-Easy SPACE 5 136
3D-Foto-Editor 133
3D-Fotografie 2
3DF Zephyr 255, 256
3DSteroid 193
120er Rollfilm 99
123D Catch 261
127er Rollfilm 99, 102
135er Film 100
180-Grad-Videoformat 237
360-Grad-Kamera 228, 235
360-Grad-Rundumbild 228
620er Format 99

A

Action Cams 166
ADOX Silvermax 82
Advanced 3D-Modus 179
AGFA CT Precisa 102
Air Swimmers 225
AkA-Kamerawerke 54
Albumin-Verfahren 13
Anaglyphen 123
Anaglyphenfilm 124
Anaglyph Maker 135
Anaglyph Workshop 137
APS-Format 100
ArcSoft 200
Auflichtbetrachtung 90, 98
Aufnahmerichtung 41
Augmented Reality 267
Automodus 181
AVI-Format 206
AviSynth 207

B

Baldeweg, Max 64
Basislänge 34
Belca-Schaltung 60
Belplasca 21, 64
Belplascus 93
Bercowitz 35
Beschleunigungssensor 241
Bildinformation 37
Bildtrennung 28
Bildverband 251
Bildzählwerk 51
Blender 264
BLIK-Entfernungsmesser 72
Bracketing 143
Brewster, David 12

C

C-41-Entwicklungsprozess 101
CAD-Format 264
Camera obscura 1, 12
Canon Hacker Development Kit 161
Cardboard 240
Codec 206
Colardeu-Schaltung 59
Color Camera 50, 54
Color Code 3D 124
Compur-Verschluss 20
Computer Vision 143
Containerformate 206
Contax 85
C. P. Goerz 20
Cross Origin Resource Sharing 243
CSI-Schnittstelle 172

D

Daguerre, Jaques 12
 Daguerreotypie 12
 David White Company 60
 Dense Point Cloud 259
 Depthmaster 63
 Diableries 15
 Disparität 32
 Displayport 275
 DLP-Projektor 274
 Doppelbildentfernungsmesser 62
 Doppeldrahtauslöser 87
 Druckraster 117
 Dubois, Eric 124
 Duboscq, Jules 13
 Duncker, Johann Heinrich August 82
 Duplex Super 120 74
 Durchlichtbetrachtung 90
 Durchlichteinheit 106
 Dynamikumfang 110

E

E-6-Entwicklungsprozess 101
 Edixa 21
 ELE-Cam360 235
 Entwicklungsdose 104
 Entzerrungsebene 115
 equirectangulares Panorama 229, 244
 Equirectangular Projection 201
 Ernemann-Werke AG 20
 Etude-Projektor 94

F

Fallschachtprinzip 93
 Federmotor 81
 FED Stereo 71
 FeiyuTech 234
 Fernpunktweite 35
 Ferrania 102
 FFmpeg 214, 238
 Filminserter 57
 Filmperforation 59
 Filmtransport 67
 Five-Sprocket-Format 59
 Flachbettscanner 106
 Format 99
 Franke, Paul 21
 Fuhrmann, August 17
 Fujichrome 102

G

GAF (General Anilin and Film Corporation) 49
 Gamma-Korrektur 110
 Gear360 235
 Gebr. Wirgin 21
 Gespann 87
 GIF-Animationen 205
 Gigantismus 34
 Gimbal 234
 Glasplatten 98
 Glyphoscope 21
 GOMZ 78
 Graflex 63
 Granolitho-Druck 117
 Gruber, William B. 49

H

Headless-System 173
 Heidecke, Reinhold 21
 Heidoskop 21
 Heimlabor 104
 Histogramm 109
 Holmes, Oliver Wendell 15
 Holmes-Stereoskop 91
 HTC Vive 240
 hybride Stereobild-Bearbeitung 47
 Hypertextpreprozessor 126

I

Ica AG 20
 Iframe 243
 Interpretation 3
 Intervallaufnahmen 154
 IrfanView 109
 ISOCELL-Technologie 186
 ISO-Einstellungen 72

J

JRI Maxant 21
 Jump 200
 Justierung 138

K

Kaiserpanorama 17
 Kameraneigung 41
 Kantenerkennung 248
 Kantung 41, 258
 Keillinsen 120
 Keystone-Korrektur 275
 Key Stone View Company 16
 Kiev 4 83, 85

Kollodium-Nassplatte 13
Kollodiumverfahren 98
Kommandozeilentools 122
Königin Viktoria 13
Kopierrahmen 25
Kreuzblick 29

L

Leningrad 81
Lens Shift 51
Lentikularbilder 132
Lentikulartechnik 117
Leuchtrahmensucher 72
Liliputismus 34
Linsenraster 132
Lomografie 4
Lomo LC-A 89
London Stereoscopic Company (LSC) 14
Loreo Lite 3D Viewer 7
Lubitel 78
LucidCam 238
Lüscher-Bedingung 32

M

Magnetometer 241
Maker-Szene 2
Makrofotografie 191
Masquerade 256
Matroska 206
Mattel 50
Mehrwert 40
MEMS 241
Meopta 50
Merkmalspunkte 249
Meshlab 261
Microsoft LifeCam 226
Mikrosysteme 241
Minidrohnen 225
Mixed Reality 267
Mixed Reality Viewer 268
MPEG-Video 206
MPO-Format 138, 179
Multi View Stereo 251

N

Nahpunkt 32
Nahpunktweite 35
Neue Photographische Gesellschaft 18
Neutralfilter 159
Nièpce, Joseph 12
Nodal Ninja 200
Nodalpunkt 196

Nostalgie 47
Nvidia 3D Vision 273

O

Oberflächenmasche 247, 257
Objektauflösung 191
Objektivverzeichnung 111
Oculus Rift 240

P

Paint 3D 268
Panini Perspective Tool 198
Panorama 196
Panoramafotografie 228
Panorama-Stitcher 197
Panoramaviewer 197
Parallaxe 32
Parallelblick 31
Pfadvariable 215
PhotoScan 259
Photoshop 115
Picolay 156
Pidgeon-Methode 29, 117, 118
Planfilm 98
Plaques 12
Plattenkamera 18
Pocketfilm 100
Polarisation 93, 272
Polyskop 20
Programmautomat 72
Punktwolke 251, 257

R

Radex 82
Raspberry Pi-Kamera-Board 172
Rathenower Optische Werke 82
Raumbild 3
Raumbild-Verlag 7, 18
RBT Raumbildtechnik 87
Reality Capture 247
ReCap Photo 261
Redufokus 61
Registrierung 258, 261
Regula King 54
Remix 3D 268
RGB-Farbmodell 248
Richard, Jules 21
Ricoh Theta S 235
Rodenstock Trinar 55
Rollei 35 89
Rollei CR 200 88
Rolleidoskop 21

Rollei-Werke 21
 Rollfilm 13, 99
 Rollmann, Wilhelm 123
 Rotationssensor 241
 Rot-Cyan-Brillen 124

S

Sawery's 49
 Schärfentiefe 155
 Scheduler 227
 Scheinfenster 38, 140
 Schönstein, Otto 18
 Schwarzweißfilm 100
 schwebendes Fenster 39
 Selbstauslöser 186
 Selfiestick 187
 Shutter-Brille 273
 Shutter-Technologie 273, 274
 Sicherheitsfilm 98
 SIFT-Algorithmus 249
 Silverfast 106
 sphärische Aberration 111
 Spiegelbild 156
 Spiegelstereoskop 11
 Spulen 99
 Sputnik 78
 SQ8 Mini-DV 226
 Stacking 143
 Stereobasis 27
 Stereo Camera 50
 StereoData Maker (SDM) 161
 Stereokarten 14
 Stereomat 50
 StereoPhoto Maker 137
 Stereo Realist 21, 60
 Stereoschiene 80
 Stereoskop 119
 Stereoskopie 1, 2
 Stereovorsatz 85
 Stereowippe 81
 Stereozubehör 7
 Strahlenteiler 187
 Street View App 229
 Structure from Motion 251
 Synchronisation 227

T

Talbot, William Henry Fox 13
 TDC Stereo Vivid 61
 Teilerspiegel 191
 Thaumatope 205
 Tiefenerkennung 11
 Tiefenschärfe 155

Tiefenwirkung 34
 Tissue 15
 Tracker 267
 Trägerschicht 101
 Transportstanzung 100
 Trockenplatte 13
 True Vue 50
 Two Dimensional Model 58

U

Umkehrfilm 101
 Umkehrprozess 101
 Umkehrstereoskop 25
 Underwood & Underwood 16

V

VEB Carl Zeiss Jena 65
 VEB Kamerawerke Dresden 65
 VEB Pentacon 65
 Verascope 21
 Vertikalparallaxen 37
 Videomodus 205
 View-Master 2, 49
 Vignettierung 111
 VirtualDub 207
 Virtual Reality 228
 VR View 243
 vrview-analytics.js 243
 VueScan 106

W

Walt Disney 50
 Webcam 226
 WebM 206
 Welker, Stefan 240
 Wheatstone, Charles 1, 11
 White, David 21
 Wiggle-Modus 278
 Witt, Wilhelm 21

Y

Yawcam 227
 YouTube 238

Z

Zeiss Ikon AG 20
 Zelluloid 98
 Zentralprojektion 1
 Zerstreungskreis 155
 Zoner Photo Studio 134