



EDITION
PROFIFOTO
MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE FOTOGRAFIE

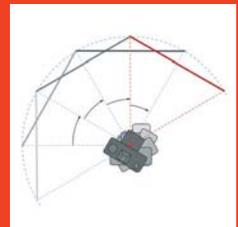
inklusive
DVD-ROM



Von der
Aufnahme bis
zum interaktiven
Panorama

Equipment,
Software,
Techniken

Mit vielen
hilfreichen Tipps
aus der Praxis



INTERAKTIVE PANORAMAFOTOGRAFIE

AUFNAHME, STITCHING, PUBLIZIEREN

CHRIS WITZANI



KAPITEL 1

Einführung in die 360°-Panorama- fotografie

1.1	Kleine Geschichte	16
1.2	Projektionen	26
1.3	Bildwinkel	29

1.1 KLEINE GESCHICHTE

Von der begehbaren Rotunde zur virtuellen Realität

Die 360°-Panoramafotografie hat einen ihrer Ursprünge in der Darstellung riesiger Rundgemälde, die im 19. Jahrhundert ein echtes Massenmedium darstellten. Der irische Maler Robert Barker patentierte die Technik des Rundbildes 1787 und legte damit einen Grundstein für die Darstellung von Panoramen.

Der Begriff »Panorama« wurde als Kunstwort geboren und leitet sich aus den griechischen Wörtern »pan« = Alles und »horama« = Sehen ab. Ein Panoramabild möchte folglich alles zeigen, was das menschliche Auge mit seinem horizontalen Gesichtsfeld von maximal 170° wahrnimmt. Dementsprechend sind Panoramabilder – im Gegensatz zu herkömmlichen Bildformaten – viel breiter.

Hinweis

Als »Rotunde« bezeichnet man generell ein zylinderförmiges Gebäude. Rotunden eignen sich hervorragend für die Präsentation riesiger zylindrischer 360°-Panoramen, die vor allem im 19. Jahrhundert weit verbreitet waren.

Die begehbaren Rotunden aus dem 19. Jahrhundert gaben Raum für 100 Meter lange gemalte Rundbilder, die 15 Meter hoch sein konnten. Die Inhalte der Rundumbilder waren meist Stadtansichten, Landschaften und gerne auch kriegerische Schlachtengemälde. Die zahlenden Rotundenbesucher sollten in das Bildmotiv

Abbildung 1.1

»San Francisco from Rincon Hill«, 1851. Fünf aneinander gereihete Daguerreotypen sind in dieser historischen Ansicht noch erhalten geblieben. Die Konservatoren der »Library of Congress« gehen davon aus, dass das ursprüngliche Panorama gar aus 11 Platten bestand, die allerdings unauffindbar sind. Quelle: The Library of Congress



eintauchen und ihre reale Umgebung vergessen. Unterstützt wurden die Rundgemälde später mit real existierenden Vordergründen, beispielsweise einer Kanone im Gelände vor der zylindrischen Bildwand. Auch Musikdarbietungen, wie z.B. Märsche aus dem mechanischen Orchestrion, waren beliebt, damit die Illusion, im Ort des Geschehens zu sein, noch stärker wirkte.

Die Darstellung breiter Bilder reicht in der Geschichte natürlich noch viel weiter als nur ins 19. Jahrhundert zurück. Breit angelegte Höhlenmalereien mit Jagdszenen erzählen uns bildhafte Geschichten aus der Vorzeit. Meterlange chinesische Bildrollen aus dem 12. Jahrhundert zeigen Alltagsszenen in nur einem breiten Bild. Der berühmte Teppich von Bayeux aus dem 11. Jahrhundert ist fast 70 Meter lang und zeigt in gestickter Form die Eroberung Englands im Jahre 1066. Der Wunsch des Menschen, die Wirklichkeit in Bildern zu reproduzieren und damit Geschichten zu erzählen, hat eine lange Tradition.

Hinweis

Der Begriff »virtuelle Realität« stammt ursprünglich aus dem Französischen (»La réalité virtuelle«) und wurde erstmals 1938 von dem französischen Schauspieler, Regisseur und Dichter Antonin Artaud in seinem Buch »Le théâtre et son double« erwähnt.

Die interaktive VR-Fotografie (»VR = **V**irtual **R**eality« – virtuelle Realität) ist im Zuge der Digitalisierung der Bildmedien entstanden. Sie ist ein noch junges Genre, eng mit der Entwicklung moderner Computersysteme verbunden und hat ihre Wurzeln in der analogen Panoramafotografie. Zeitlich nicht weit entfernt von der Geburtsstunde der Fotografie in den Dreißigerjahren des 19. Jahrhunderts gab es sehr bald Bestrebungen, den Bildwinkel herkömmlicher Kameras zu vergrößern und dem menschlichen Blickwinkel näherzukommen. Die gemalten Rundbilder bekamen Konkurrenz.

Hinweis

Die »Daguerreotypie« war eines der ersten fotografischen Verfahren und wurde in den Jahren zwischen 1835 und 1839 von dem französischen Pionier der Fotografie Louis Daguerre entwickelt.

Die Panoramafotografie wurde immer beliebter – zunächst noch als horizontale Aneinanderreihung einzeln aufgenommener Daguerreotypien, später dann als kontinuierliches Breitbild mit eigens dafür entwickelten Panoramakameras. Eine der ältesten noch existierenden Panoramafotografien zeigt die amerikanische Stadt San Francisco im Jahr 1851.

In der Nachbarschaft dieses historischen Panoramas, im Silicon Valley, 143 Jahre später, hat die Virtual-Reality-Panoramafotografie 1994 das Licht der Welt erblickt: Der für seine Innovationen bekannte Computer- und Softwarehersteller Apple stellte seine QuickTime-Player-Erweiterung QuickTime VR der Öffentlichkeit vor. Die interaktive CD-ROM »Star Trek« mit virtuellen Rundgängen durch das Raumschiff verkaufte sich kurz darauf mehr als 200.000 mal und brachte QuickTime VR und interaktive Panoramen der breiten Öffentlichkeit näher. Virtuelle Realität ließ sich von nun an auch fotografisch erzeugen und die Betrachtung verlangte nur einen handelsüblichen Computer mit Bildschirm und keinen speziellen Helm oder Datenhandschuh. Die Computer-User drehen ein 360°-Panorama mit gedrückter Maustaste horizontal nach links oder rechts und können währenddessen mit zwei Tastaturtasten herein- oder herauszoomen. Ein Mausklick auf vorher programmierte »Hotspots« lässt die User Bildbereiche mit weiteren multimedialen Informationen aufrufen.

Hinweis

Im Bereich multimedialer Computeranwendungen ist ein »Hotspot« ein programmierter Bereich in einer Computergrafik, den der Anwender mit der Maus anwählen kann, um weitere bildrelevante Informationen zu bekommen. Das kann z.B. ein weiteres Panoramabild, eine Toninformation, eine Animation oder ein Text sein. Hotspots können auch unsichtbar sein und erst beim Überfahren mit der Maus ein Symbol (»Button«) oder schon direkt die Information anzeigen.

Damit ergibt sich eine sinnvolle Verknüpfung von Raum und Information sowie viele interaktive Freiheiten für die Betrachter. Man kann sich spielerisch in den dargestellten Raum hineinver-

setzen. Die QuickTime-VR-Technologie ist bis heute eine wichtige Anwendung geblieben.

Virtuelle Realität (VR)

Die Abkürzung »VR« steht für »Virtual Reality« und bezeichnet eine im Computer erzeugte interaktive, dreidimensionale und in Echtzeit erzeugte Umgebung, die im Idealfall eine naturgetreue Abbildung der Wirklichkeit darstellt und den Computernutzer mit all seinen Sinnen beeinflusst. Oft haben die Probanden Helme auf und tragen Datenhandschuhe, damit sie ein möglichst realistisches Feedback vom Computerprogramm bekommen und sich vollkommen mit ihren Sinnesorganen auf die Simulation einlassen können. Bekannte Beispiele für VR-Anwendungen kennt man z.B. von der Pilotenausbildung am Flugsimulator.

Das Eintauchen in künstlich erzeugte Umgebungen wird auch als »Immersion« bezeichnet. Moderne Computerspiele mit 3-D-Grafik und -Sound machen ebenfalls gerne Gebrauch von den immersiven Bildwelten. Die Spieler sollen sich komplett in das Spiel hineinversetzen und die Wirklichkeit ausblenden.

VR-Fotografie

Unter VR-Panoramafotografie verstehe ich im Wesentlichen interaktive Kugelpanoramen (auch »sphärische Panoramen« genannt), die mittels eines speziellen Betrachtungsprogramms (»Viewer« oder »Player«) möglichst in Vollbilddarstellung, hochaufgelöst und zentralperspektivisch am Computer dargestellt werden. Auch hierbei wird versucht, die Betrachter möglichst weit in den virtuellen Raum hineinzuziehen und damit zu faszinieren. 3-D-Sound und stereoskopische Darstellungen sind der Immersion hier sehr förderlich, werden aber noch selten im Internet eingesetzt.

Die ersten interaktiven Panoramen im Internet waren oft kleinformatig und in niedriger Auflösung dargestellt. Die Internetverbindungen und Grafikkarten der Neunzigerjahre erlaubten noch keine hochaufgelösten Panoramen, die einen 20-Zoll-Bildschirm hätten ruckelfrei ausfüllen konnten. Die Zunahme an schnellen DSL-Internetleitungen, die rasante Entwicklung der Computertechnologie und die Verbreitung digitaler Kameras machen es aber seit einiger Zeit möglich, 360° × 180°-Kugelpanoramen günstig und in hoher Qualität zu produzieren und über den ganzen Bildschirm anzuzeigen. Erst damit verdient das Kürzel »VR«

seine Berechtigung. Das interaktive fotografierte 360°-Panorama ist zurzeit dabei, seinen Stammplatz in den visuellen Onlinemedien einzunehmen.

Panoramakameras – Kleine Historie

Die Hauptaufgabe einer Panoramakamera besteht darin, einen großen Bildwinkel fotografisch abzubilden und zu speichern. Die Panoramafotos sollten mindestens ein Bildseitenverhältnis von 1:2 haben.

Hinweis

Der »Bildwinkel« wird im Kapitel 1.3 näher erläutert.

Man kann Panoramakameras in drei verschiedene Kategorien unterteilen:

1. Kameras mit festem Objektiv (»Flatback Camera«) – z.B. Fuji GX617, Hasselblad XPan, Linhof Technorama
2. Kameras mit schwenkbarem Objektiv (»Swing Lens Camera«) – z.B. Horizon 202, Noblex Pro 06/150, Widelux F8
3. 360°-Rotationskameras (»Rotational Camera«) – z.B. Spheron VR PanoCam, Seitz Roundshot, Panoscan MK-3

Für die moderne VR-Panoramafotografie kommen besonders die Rotationskameras in Frage, da sie den 360° (+ x°)-Bildwinkel horizontal und oft auch 180° vertikal abdecken können. Der besondere Vorteil dieser Lösung: In kürzester Zeit wird der volle 360°-Bildwinkel belichtet und das fertige Panorama liegt sofort vor. Die Roundshot D3 von Seitz belichtet in nur 3 Sekunden rundum bei einer Auflösung von 470 Megapixeln. Damit können also sehr hohe Durchsatzraten in höchster Qualität erzielt werden. Die modernen Rundum-Rotationskameras sind sehr kostspielig und in der Regel für den normalen VR-Panoramafotografen zu teuer. Die digitale SpheroCam von Spheron aus Deutschland ist ebenso eine hochwertige Rotationskamera und wird gerne z.B. von der Automobilindustrie für die Visualisierung der Umgebung für 3-D-gerechnete neue Fahrzeugmodelle eingesetzt. Die Kosten für diese Kamera amortisieren sich schnell, wenn man sich überlegt, was für einen Aufwand es für die Autobauer und Werbeagenturen bedeutet, ein noch nicht auf dem Markt befindliches Fahrzeug in einer Straßenszene am anderen Ende der Welt zu fotografieren. Da schickt man doch lieber

schnell einen Panoramafotografen hin, der diese Szene ohne Auto fotografiert. Der Rest entsteht im Rechner.

Die Perspektive der Rotationskameras ist besonders auffällig: Gerade Linien sehen gekrümmt aus und alle Bildelemente in gleicher Entfernung zur Kamera befinden sich auf einer Linie. Ein gebogenes Gelände eines runden Aussichtsturms zum Beispiel scheint auf dem Fotoabzug ein gerades Gelände zu sein.

Tip

Wer gerne tüftelt und eine Panoramakamera selber bauen möchte, findet unter dieser Webadresse eine Anleitung: www.funsci.com/fun3_en/panoram2/pan2_en.htm.

Die gebräuchlichste Kamera für VR-Panoramen bleibt jedoch eine gewöhnliche digitale Spiegelreflexkamera, bestückt mit einem Weitwinkel- oder Fisheye-Objektiv. Fotografiert wird mit der segmentellen Aufnahmetechnik. Das 360°-Panoramafoto entsteht dann erst im Verlauf der Computernachbearbeitung.

Eine historische Übersicht, von dem amerikanischen Kamerasammler und -historiker Bill McBride zusammengestellt, zeigt die rasante technische Entwicklung der Panoramakameras seit der Geburtsstunde der Fotografie (Quelle: www.panphoto.com/timeline.php):

Jahr	Panoramakamera
1843	Joseph Puchberger aus Österreich meldet ein Patent für eine Panoramakamera mit Handkurbel und 150°-Bildwinkel an. Belichtet wird mit einem 200-mm-Objektiv auf bis zu 61 cm langen Daguerreotypen.
1844	Der Deutsche Friedrich Martens konstruiert in Paris eine der ersten Panoramakameras mit dem Namen »Megaskop« und Schwinglinsentechnik. Das Objektiv ist über Zahnräder gleichmäßig schwenkbar und die Glas-Aufnahmeplatte (12,5 × 87,5 cm) zylindrisch gebogen. Der Bildwinkel beträgt 150°.
1857	M. Garella aus England patentiert seine Rotationskamera mit 360°-Bildwinkel. Das gleiche Bauprinzip wird 1904 von der Cirkut-Kamera übernommen.

1858	Der Franzose Charles Chevalier baut eine Kamera mit zylindrisch gekrümmten Platten, die während der Aufnahme entgegen der Objektivdrehung schwenken. Diese Kamera hat einen kreisförmigen Verschluss.
1858	Thomas Sutton erfindet eine Panoramakamera, die von Ross Optical Co. aus London hergestellt wird. Ein 120°-Bildwinkel wird bei Blende 12 auf gebogene Glasplatten abgebildet. Die sphärische Linse enthält Wasser, um den Weitwinkelleffekt zu erzielen.
1862	Die Pantascopic-Kamera von Johnson und Harrison erzielt einen 110°-Bildwinkel auf flachen 7 1/2 x 12 Zoll großen Kollodiumplatten. Die Kamera selbst und die Glasplatte vor dem Belichtungsschlitz werden von einem Uhrwerksmotor geschwenkt.
1865	Prout's Panoramakamera; Rowland-Panoramakamera – beide aus England.
1867	Der Engländer Silvy produziert eine Panoramakamera, bei der das empfindliche Bildmaterial von einer Spule abgewickelt wird.
1875	Col. Manges Perigraphe Instantane wird von Bardon in Paris hergestellt und schafft mit einem Spezialobjektiv eine 360°-Drehung.
1882	Paul Liesegangs Rotations-Apparat aus Deutschland erscheint. Vom Prinzip her arbeitet er ähnlich wie die Pantascopic-Kamera, ist aber mit Handkurbel und Zahnrädern statt mit Federwerk ausgestattet.
1884	P. Moessard aus Frankreich patentiert den Cylindrographen mit 170°-Bildwinkel. Rotiert wird per Hand.
1887	Der Kanadier J.R. Cannon erfindet eine einfache zylindrische Panoramakamera mit Fixfokusobjektiv. Der Film wandert zwischen zwei Rollen, während im optischen Mittelpunkt der Kamera gedreht und ein 360°-Bildwinkel erreicht wird.
1888	Hannibal Goodwin erfindet den flexiblen Rollfilm, der von Eastman Kodak vermarktet wird.

1889	Der Berliner Rudolph Stirn baut eine 360°-Panoramakamera. Die schachtelförmige Kamera aus Holz belichtet auf 3 1/4-Zoll-Film.
1890	Der Franzose Jules Dames baut eine 360°-Kamera für das Bildformat 8,5 x 80 cm und mit einem aufziehbaren Federwerk.
1891	Die Star-Panoramakamera aus New York ist der Moessart-Konstruktion ähnlich, hat ein halbmondförmiges Rückteil für den Film, einen Balgen und ein Objektiv, das im optischen Zentrum rotiert.
1894	Die Marcellus-Cycloramic-Panoramakamera von Percy S. Marcellus aus Philadelphia, PA, ist eine 360°-Rollfilmkamera mit einer Schlitzöffnung. Es gibt acht Kameragrößen, die Filmformate reichen von 4 bis 18 Zoll Breite.
1895	Col. R.W. Scovill patentiert in England die »Patent Stewart«-Panoramakamera. 3 1/4 Zoll breiter Eastman-Rollfilm kommt zum Einsatz. Die Ausstattung beinhaltet Federwerk und Schlitzöffnung.
1895	Die Scovill-Panoramakamera mit Schwinglinse wird von Scovill & Adams Co. in New York produziert. Fotos sind bis zu einem Format von 18 x 48 Zoll möglich. Das 10 x 30-Zoll-Modell kostet 250 \$, das 16 x 43-Zoll-Modell 300 \$. 1894 patentiert von Mathias Flammang.
1898	Die 1896 von Peter N. Ansten und Charles H. Gesbeck erfundene No. 4 Al-Vista Panoramakamera von Multiscope & Film Co. wird in Burlington, Wisconsin, hergestellt. 4-Zoll-Film, 160° horizontaler Bildwinkel, 12 Sekunden Belichtung.
1899	No. 4 Kodak Panoram Camera von Eastman Kodak Co., Rochester, N.Y., 142°-Bildwinkel, 3 1/2 x 12 Zoll Bildgröße, 103-Film.
1900	No. 1 Kodak Panoram von Eastman Kodak, 1901 von Frank A. Brownwell patentiert. 112°-Bildwinkel, 2 1/4 x 7 Zoll Bildgröße, 105-Film.



Abbildung 1.2

No. 1 Kodak Panoram mit versenkbarem Schwenkobjektiv und optischem Sucher; zwei eingebaute Wasserwaagen für Quer- und Hochformat. Foto: Scott Bilotta

Abbildung 1.3

No. 1 Kodak-Panoram-Objektiv mit fester Blende und von einem weichem Lederbalgen umgeben. Foto: Scott Bilotta



Abbildung 1.4

No. 1 Kodak-Panoram-Rückteil aus Holz mit gebogener Filmebene. Foto: Scott Bilotta

1900	Caleb Panoramique Camera, Boxkamera aus Frankreich, Fotos aus der Hand, Schwinglinse, 180° Bildwinkel, 3 1/4 × 10 5/8 Zoll Bildgröße.
1901	Midg Panoramakamera von W. Butcher & Sons aus London, Boxkamera, Magazin mit fallenden Platten, achromatisches Objektiv, einfacher Verschluss, Bildgröße 61 × 165 mm.
1902	Aptus-Panoramakamera von Sharp & Hitchmough aus England. Boxkamera, Magazin mit fallenden Platten, einfacher Verschluss, Bildgröße 61 × 165 mm.
1902	Die Hinton & Co. Dual-Panoramakamera mit Schwenkobjektiv hat ein gebogenes Rückteil für ein 4 × 12-Zoll-Bildformat. Alternativ sind auch flache 4 × 6-Zoll-Fotos möglich.



Abbildung 1.5

Cyclorama-360°-Fotografie vom Gipfel des Mount Tallac, 1906; der Originalabzug hat eine Größe von 9,5 × 70 Zoll.

Quelle: The Library of Congress

1904	Die Turret-Panoramaboxkamera aus Brooklyn mit rotierendem Objektiv belichtet im 4 × 10-Zoll-Bildformat.
1904	Die Cirkut-No. 10- und -No. 16-Kameras werden von der Rochester Panoramic Camera Co. hergestellt. Merkmale sind ein ventilatorgesteuerter Federwerksantrieb und ein 360°-Bildwinkel. Die Cirkut-Kamera mit 10 Zoll breitem Rollfilm ist die am meisten verbreitete professionelle Panoramakamera.
1906	Die Century Camera Co. aus Rochester stellt für die eigene 5 × 7-Zoll-Kamera ein Cirkut-Panoramakamera-Zubehör her, mit dem 360°-Aufnahmen auf 6 1/2-Zoll-Film möglich sind.
1906	Die französische Krauss-Daubresse-Panoramakamera hat eine zylindrische Form. Der Film liegt zylinderförmig im Gehäuse, das Objektiv und die Prismeneinheit werden mit Federantrieb rotiert.

1907	Die No. 6- und No. 8-Cirkut-»Outfit«-Kameras werden von Century Camera Co. aus Rochester eingeführt. Sie können sowohl eine normale Perspektive ablichten, als auch mit dem Cirkut-Rücken Panoramen bis zu 360° aufnehmen.
1907	Die Minimum-Palms-Stereo-Kamera von Carl Zeiss Jena kommt auf den Markt. Die Kameravorderseite kann verschoben werden, so dass 9 × 18 cm große Panoramen mit einem Schlitzverschluss auf Glasplatten fotografiert werden können.
1908	Die Bell-Panoramakamera von Isaac A. Bell aus Grinnell, Iowa, ist eine Weitwinkelkamera mit planer Filmebene. Die Standardbildgröße ist 3 1/2 × 5 1/2 Zoll, das Panoramaformat beträgt 3 1/2 × 11 1/2 Zoll, mit Standard-122-Rollfilm.

Abbildung 1.6

»1st Nat'l Aviation Meet, Indianapolis Motor Speedway, June 13-18, 1910«, aufgenommen mit einer Cirkut-Kamera No. 10 auf 10 × 36 Zoll.

Quelle: The Library of Congress



© des Titels »Interaktive Panoramafotografie - Edition ProfiFoto« (ISBN 978-3-8266-5084-0) 2009

by Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH, Heidelberg
Nähere Informationen unter: <http://www.it-fachportal.de/5084>



Abbildung 1.7

»Bell's Straight Working Panoramic Camera« von 1908, kostengünstig sowie einfach und schnell in der Handhabung. Foto: David Silver

1911	Die Conley Camera Co., aus Rochester, Minnesota, stellt ihr Model A Conley vor. Die Panoramakamera erreicht einen Bildwinkel von 140° für das Format 3 1/2 × 12 Zoll auf Standard-103-Rollfilm. Diese Kamera wird von Sears, Roebuck & Co. in ihrem Katalog vermarktet sowie auch als Queen-City-Panoramakamera von Northern Photo Supply Co. in Minneapolis.
1911	Die ICA-Polyscop-Stereo-Kamera von der ICA AG aus Dresden benutzt einen Zentralverschluss und belichtet auf 6 × 13 cm große Platten. Die Vorderseite ist verschiebbar.
1912	Der Kronberger Dr. Julius Neubronner erfindet die Doppel-Sport-Panoramakamera. Sie wird von einer Brieftaube getragen. Ein Zeitauslöser auf dem Rotationsobjektiv wird vor dem Abflug ausgelöst. Das Bildformat ist 3 × 8 cm. (siehe auch »Bilder ohne Betrachter« von Horst Bredekamp, Matthias Bruhn, Akademie Verlag, 2007, S. 58–63)

1915	Die No. 5-Cirkut-Kamera mit Federwerkschlitz wird von der Folmer and Schwing Division bei Eastman Kodak in Rochester präsentiert. William F. Folmer patentiert sie 1918. Die kompakteste Cirkut-Kamera macht eine 360°-Belichtung auf 5-Zoll-Rollfilm.
1926	Das Erscheinen der 3A-Kodak-Panoram-Kamera mit Schwenkobjektiv wird von Eastman Kodak Co. in Rochester bekannt gegeben. Der Bildwinkel beträgt 120° und sie belichtet auf 3 1/4 × 10 3/8-Zoll-Standard-122-Rollfilm. 1926 von William A. Riddell patentiert.
1930	Oskar Barnack, der Leica-Erfinder, konstruiert einen 35-mm-Kleinbildkamera-Prototypen mit Rotationsobjektiv. Dieses Modell geht nicht in Serie.
1931	Die No. 6-Cirkut-Kamera mit Federwerkschlitz wird von Folmer-Graflex aus Rochester in Produktion gegeben. Die Kamera belichtet im 360°-Bildwinkel auf 6-Zoll-Rollfilm.
1932	W.B. Osborne entwirft seine Osborne Photo Recording Transit, eine Panoramakamera mit rotierendem Objektiv. Produziert wird sie von Leupold-Volpel, Portland, Oregon. Sie wird vom USDA Forest Service benutzt und ergibt einen 120°-Bildwinkel auf 6 × 14 Zoll großen Negativen.
1953	Die englische Firma Milbo Photographic Ltd. aus Milbough stellt eine moderne Version der Charcot-Kamera her. Die Konstruktion ist komplett aus Metall und wird mit Batterien betrieben.
1956	Burke & James, Inc. aus Chicago produzieren die Panoram-120-Weitwinkelkamera mit feststehendem Objektiv. Sie deckt einen Bildwinkel von 90° ab. Bildformat ist 2 1/4 × 7 Zoll auf Typ-120-Rollfilm. Eine abnehmbare Mattscheibe und Filmmagazine sind weitere Merkmale.
1958	Die russische FT-2-Kleinbild-Panoramakamera mit schwenkbarem Objektiv deckt einen 120°-Bildwinkel ab und belichtet im Format 24 × 110 mm. Hersteller ist die Mechanische Fabrik Krasnogorsk in der UdSSR.

1958	Das Kleinbildfilm-Modell Panorax Z1-A von Nippon Tokushu Koki Co. aus dem japanischen Kawasaki erzeugt 360°-Panoramafotografien mit einem wandernden Schlitzverschluss.
1959	Die Widelux FV von Panon Camera Co, Ltd. in Japan mit schwenkbarem Objektiv und Belichtungsschlitz erzielt einen 140°-Bildwinkel auf 25 × 60 mm Negative.
1960	Plaubel & Co. aus Frankfurt am Main stellt seine Veriwide-100-Weitwinkelkamera mit feststehendem Objektiv vor. 100°-Bildwinkel im 6 × 9-cm-Format auf Typ-120-Rollfilm sind möglich.
1961	Die Viscawide 16, eine kleine Panoramakamera mit schwenkbarem Objektiv, wird von Taiyokoki Co. Ltd. aus Japan hergestellt. Das Filmformat ist 16 mm und der Bildwinkel 120°. Die Negativgröße beträgt 10 × 46 mm.
1963	Das Modell Panophic von Panon Camera Co. aus Japan erzeugt 140°-Panoramafotografien im Format 5 × 12 cm auf Typ-120-Rollfilm mit einem wandernden Schlitzverschluss.
1968	Die russische Horizont-Kleinbild-Panoramakamera mit schwenkbarem Objektiv deckt einen 120°-Bildwinkel ab und belichtet auf das Format 24 × 58 mm. Hersteller ist die Mechanische Fabrik Krasnogorsk in der UdSSR.
1969	Die Seagull RL-360-Panoramakamera, hergestellt von der Shanghai Camera Factory No. 4 in China, belichtet auf 8 Zoll breiten Schwarzweiß-Rollfilm. Die elektrisch angetriebene Kamera erzielt einen Bildwinkel von 360°. Sie soll die alte No. 8 Charcot-»Outfit«-Kamera in China ersetzen.
1973	Die Cyclo-Pan 70 erstellt 360°-Panoramen auf 70-mm-Film. Hergestellt wird diese Kamera mit Batterieversorgung von Third Media Enterprises in Kalifornien.
1976	Die Linhof Technorama 612 PC – eine deutsche Kamera mit festem Objektiv – fotografiert im Format 6 × 12 cm auf Typ-120-Rollfilm.



Abbildung 1.8

Die massiv verarbeitete Horizont-Kamera hat einen abschraubbaren Griff am Kameraboden und einen abnehmbaren Sucher, unter dem sich der Rückspulknopf verbirgt.

1976	Die I-Pan, eine Kamera mit festem Objektiv, belichtet einen Bildwinkel von 81° auf 35-mm-Film.
1977	Die Art Panorama 240 mit Seiko-Verschluss von Tomiyama Seisakusho Co. aus Japan belichtet das 60 × 240 mm große Panoramabild auf Typ-120-Film.
1978	Die Brooks-Veriwide mit festem Objektiv von Burleigh Brooks, Inc. aus Englewood, N.J., ergibt ein 6 × 12-cm-Negativformat auf Typ-120-Rollfilm.
1979	Die Rotationskamera Hulcherama, Modell 120, erstellt 360°-Fotografien auf Rollfilm vom Typ 120 oder 220. Eine Batterie speist den elektrischen Motor. Hersteller ist die Charles A. Hulcher Co. aus Hampton, Virginia.

1981	Die 35-mm-Rotationskamera Globuscope 360° mit hydraulischem Federantrieb und Belichtungsspalt wird von Globuscope, Inc., New York hergestellt.
1982	Die Fuji G617 der japanischen Fuji Photo Film Co. nimmt 6 × 17-cm-Fotos auf 120er oder 220er Rollfilm auf.
1983	Die Alpa Roto 70 ist eine 360°-Rotationskamera mit Belichtungsspalt und einem batteriebetriebenen, elektronisch geregelten Motor. Sie wird von Alpa-Pignons S.A. in der Schweiz hergestellt und belichtet auf 70 mm breiten Film oder 220er Rollfilm.
1986	Die Electropan von Photo Connection aus Laguna Hills, Kalifornien, ist eine batteriebetriebene 145°-Schwenkobjektivkamera für 120er Rollfilm und bildet ein Format von 2 × 4 ¾ Zoll ab.
1987	Die Panon Camera Shoko Co. aus Japan stellt die Widelux 1500 vor, eine 150°-Rollfilmkamera mit rotierendem Objektiv und einem Bild in der Größe von 50 × 122 mm.
1988	Die batteriebetriebene 360°-Kamera Roundshot der Seitz Phototechnik AG aus der Schweiz wird eingeführt. Sie hat die vier Filmgrößen 110, 35 mm, 70 mm-220 und 5 Zoll.
1990	Cyclops Wide-eye ist eine mechanische Schwenkobjektivkamera mit 110°-Bildwinkel und 120er Rollfilm von Double W, Inc. aus Gulliver, MI.
1990	Corrales 360°-Kleinbild-Rotationskamera mit Belichtungsspalt von Corrales Camera, Whittier, Kalifornien. Ein mechanischer Federgriff bewirkt die Rotation. Auch bekannt als Spinshot-Panoramakamera mit Kleinbilddfilm.
1991	Die Lochkamera Pinoramic belichtet auf 120er Rollfilm und erzeugt 2 ¼ × 5-Zoll-Fotos mit 120°-Bildwinkel. Hersteller ist Mottweiler Photographic aus Santa Fe in New Mexico.
1992	Die V-Pan-Panoramakamera von V-Pan Panoramic Cameras, St. Louis, Missouri, bedient das Format 6 × 17 cm auf 120er Rollfilm.

1992	Die Horizon 202 Panoramic belichtet auf 35-mm-Film und erzielt einen Bildwinkel von 120° mit einem 24 × 58 mm großen Negativ. Diese russische Schwenkobjektivkamera wird in den USA von Bogen Photo, Ramsey, New Jersey, vertrieben.
1992	Die Noblex Pro erzielt einen 146°-Winkel auf einem Filmformat von 50 × 120 mm und 120er Rollfilm. Der rotierende 3-mm-Festspalt und die Objektivtrommel werden von einem Gleichstrom-Hochleistungsmotor angetrieben. Die verschiedenen Belichtungszeiten werden durch eine veränderte Trommeldrehzahl bewirkt. Hersteller der Noblex ist das Kamera Werk Dresden.
1992	Die Roundshot-Super-Kamera von Seitz aus der Schweiz verwendet das Hasselblad-Bajonett (Serienobjektive von 40 bis 500 mm). Sie verwendet Wechselmagazine für Rollfilm oder 70-mm-Film. Panorama-, Längs- und Rundabastung sind möglich.
1993	Fuji GX617 aus Japan, 120er oder 220er Rollfilm für das 6 × 17-cm-Format mit den drei Wechselobjektiven 90 mm, 105 mm und 180 mm.
1994	Die Noblex Pro 06/150 HS erzielt einen 146°-Winkel mit schwenkbarem Objektiv auf 120er Rollfilm. Die kürzeste Verschlusszeit ist 1/1.000 Sek. Hersteller ist das Kamera Werk Dresden.

Tipp

Eine aktuelle Liste von heutigen Panoramakameraherstellern, nach Kameratyp sortiert, finden Sie auf der Website des internationalen Panoramafotografen-Verbandes (IAPP):
<http://www.panphoto.com/cameras.php>.

Apple QuickTime VR – Das interaktive Panorama im Computer

Die Geschichte der interaktiven Panoramafotografie als Computeranwendung beginnt 1994 mit der Einführung der **QuickTime-VR**-Technologie (QTVR) von Apple. Es handelt sich um eine Erweiterung des QuickTime Players, der wiederum eine Vielzahl

von multimedialen Dateiformaten wiedergeben kann und immer noch fest in das Betriebssystem, mittlerweile Mac OS X, verankert ist. QTVR wird innerhalb des QuickTime Players und Browser-Plug-Ins ebenso für Windows-Betriebssysteme angeboten.

Die meisten QuickTime VR »Movies« sind 360°-Panoramen und werden aus einzeln fotografierten, hochformatigen und sich überlappenden Bildern hergestellt. Nach der Kameradrehung auf einem Stativ wird jeweils eine andere Perspektive angezeigt.

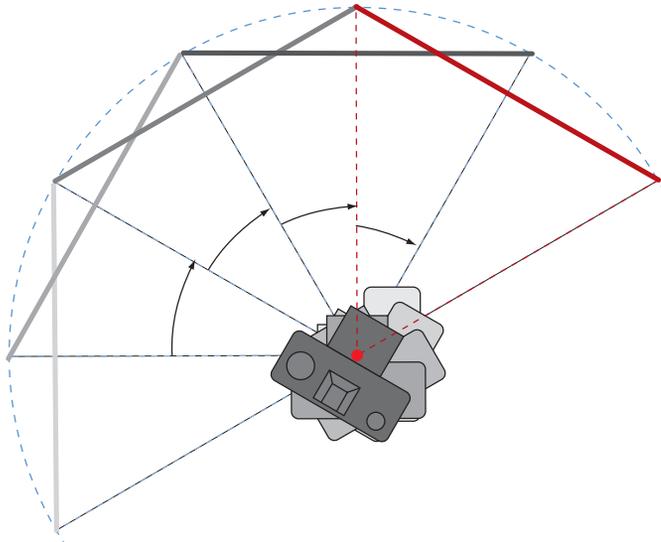


Abbildung 1.9

Die meisten VR-Panoramen werden mit überlappenden Fotos durch Kameradrehung erzeugt.

Diese prinzipielle Aufnahmetechnik gilt auch heute noch für die sogenannten »segmentellen« Panoramen, die am Rechner zusammengesetzt werden (sog. »Stitching«). Mit QTVR sollte die Panoramaerstellung für die breite Masse günstig zu produzieren sein. Man wollte auf die hochspezialisierten, teuren Panoramakameras verzichten und das alte 360°-Massenmedium auf elektronischem Wege wiederbeleben.

Zunächst unterstützte QTVR nur zylindrische Panoramen mit einem beschränkten vertikalen Bildwinkel. Apples **QTVR Authoring Studio** (QTVRAS) von 1997 war als kommerzielle Software-Suite mit einer grafischen Benutzeroberfläche (»Graphical User

Interface - GUI«) eins der ersten leicht bedienbaren Stitch- und VR-Tour-Programme. Auch sogenannte »Multinode-Panoramen«, bei denen mehrere Panoramen innerhalb einer Datei zu einem virtuellen Rundgang verbunden werden, waren von Anfang an möglich. Bevor die Authoring Suite veröffentlicht wurde, plagte sich der GUI-verwöhnte Mac-User allerdings mit der MPW-Shell herum, einem Apple-Befehlszeilenprogramm, das kryptische Stitch-Befehle in langen Zeilen verlangte – trotz allem, die Mühe lohnte sich.

Hinweis

Es gibt innerhalb der QTVR-Architektur auch »Object Movies«, die zur interaktiven Darstellung von Produkten eingesetzt werden. Das darzustellende Produkt wird dazu auf einen Drehteller positioniert und schrittweise in gleichen Abständen gedreht (z.B. 36 Schritte à 10°) und mit derselben Kameraposition aufgenommen. Der so entstandene lineare QuickTime-Film wird anschließend mit einer QuickTime-Software (QTVREdit) um interaktive Bedienelemente ergänzt und kann so im Web oder auf Datenträgern publiziert werden.

Bereits 1996 konnten wir einen virtuellen Rundgang durch den Kölner Dom produzieren und zehn 360°-Standpunkte mit Apples Stitch-Programm verknüpfen. Die Aufnahmen entstanden noch analog auf einem 400-ASA-Color-Negativfilm mit hohem Belichtungsspielraum. Der wurde anschließend mit dem Agfa-DuoScan eingelesen. Wir waren von den Ergebnissen des virtuellen Dom-Rundgangs begeistert, eine Vermarktung blieb indes aus – das Medium war noch zu unbekannt.

Sogenannte »kubische« Panoramen wurden dann im Jahr 2000 mit der QuickTime-Version 5 möglich. Damit hatte man endlich auch vertikal einen Rundumblick und der Betrachter am Bildschirm stand wie inmitten einer Kugel. Allmählich breiteten sich mit schnelleren Internetverbindungen und besseren Rechnern auch vollformatige und Sound-unterstützte QTVR-Panoramen im Web aus, so dass das immersive Erlebnis und damit das VR-Kürzel endlich an Bedeutung gewann. Der Sehspaß konnte beginnen.

Die Installationsbasis des QuickTime Players für Windows hat jüngst mit der Verbreitung der Apple iPod-MP3-Players und der dazugehörigen Apple-Software iTunes, die QuickTime voraussetzt, wieder an Boden gewonnen. Damit besteht für QuickTime-VR-Panoramen wieder die Hoffnung, von möglichst vielen Computer-Usern unmittelbar, ohne vorhergehende Installation gesehen zu werden.

1.2 PROJEKTIONEN

Damit der ganze Raum, der uns beim Fotografieren umgibt, abgebildet werden kann, bedient man sich eines geometrischen Hilfsmittels: der Projektion.

Als »Projektion« bezeichnet man in der Panoramafotografie eine Formateigenschaft, die beschreibt, mit welcher optisch-geometrischen Berechnung die reale dreidimensionale 360°-Szene auf eine zweidimensionale Bildebene abgebildet wurde. Verschiedene Projektionsarten sind hier von Bedeutung, auf die ich kurz eingehen möchte.

Die Projektionsart des Panoramas wird vor dem Stitch-Prozess festgelegt. Das fertig gestitchte Panorama kann auch in seiner Gesamtheit später noch mal mit einer neuen Projektionsart umprojiziert werden. Die Projektionsart bestimmt den maximalen Bildwinkel und den perspektivischen Gesamteindruck des flachen Panoramafotos.

Rektilineare Projektion

Die rektilineare (geradlinige, zentralperspektivische) Projektion oder Flächenprojektion ist uns aus der herkömmlichen Fotografie mit normalen Objektiven (außer Fischaugen-Objektiven) wohlbekannt. Der horizontale und vertikale Bildwinkel (»Field of View - FOV«) reicht hierbei bis zu 120°. Alle geraden Linien werden im Bild auch gerade abgebildet. Eine Vergrößerung des Bildwinkels hat unnatürlich wirkende Verzerrungen in den Randbereichen des Bildes zur Folge. Ein Panorama-Viewer, also die Betrachtungssoftware (bzw. das Browser-Plug-In) für interaktive Panoramen im Web, zeigt meistens nur einen Ausschnitt der ganzen Rundumsicht. Innerhalb der interaktiven Anwendung bedient er sich ebenfalls der rektilinearen Projektion.

Das gerade im Fenster angezeigte Teilbild des Panoramas entspricht also unserer üblichen Sehweise in Bezug auf Fotografien. Für die VR-Fotografie sind alle anderen Projektionsarten also nur als Zwischenergebnis im Arbeitsprozess von Bedeutung. Die klassische Panoramafotografie zielt auf die gedruckte Präsentation des Panoramas ab. Hier spielt auch die zylindrische Projektion eine wichtige Rolle.

Zylindrische Projektion

Bei der zylindrischen Projektion wird die reale Umgebung rundum auf die Innenfläche eines Zylinders abgebildet. Der Betrachter



Abbildung 1.10

Der QuickTime Player zeigt immer nur einen Ausschnitt des 360°-VR-Panoramas und dies in einer rektilinearen Projektion. Eine normale Weitwinkelaufnahme hätte die gleiche Perspektive.



Abbildung 1.11

Horizont-Kamera mit geöffneter Rückwand. Der Film liegt während der Belichtung auf einer Zylinderteilfläche gebogen im Bildfenster. Das 120°-Panoramafoto hat eine zylindrische Projektion erfahren.

steht, wie in einer Rotunde, in der Mitte eines Zylinders. Horizontale Linien werden dabei – bis auf die Horizontlinie – gekrümmt dargestellt. Bei Landschaftsaufnahmen ist diese Eigenart jedoch nicht so evident. Vertikale Linien bleiben auch im Bild vertikal.



Abbildung 1.12
Zylindrische Projektion mit 120 Grad vertikalem Bildwinkel.



Abbildung 1.13
Zylindrische Projektion mit 100 Grad vertikalem Bildwinkel.



Abbildung 1.14
Zylindrische Projektion mit 80 Grad vertikalem Bildwinkel.

Meine alte russische Horizont-Kamera, die mit der Schwinglinse einen horizontalen Bildwinkel von 120° erfasst, wendet beispielsweise die zylindrische Projektion an. Der Film liegt gekrümmt auf einer Zylinderteilfläche, das 28-mm-Fixfokusobjektiv dreht sich während der Aufnahme in seinem optischen Mittelpunkt auf einem Kreisbogen, so dass der bildseitige Fokus während des Drehens konstant bleibt und ein scharfes Panorama entstehen kann.

Zylindrisch projizierte Panoramafotos für die Ausbelichtung sehen oft natürlicher aus als mit der equirektangularen Projektionsart abgebildete. Der vertikale Bildwinkel sollte aber unter 120° bleiben, da sonst die oberen und unteren Randbereiche unnatürlich verzerrt wirken.

Die in der Panoramafotografie etwas unbekanntere Mercator-Projektion ist der zylindrischen Projektion ähnlich, verzerrt aber bei größeren vertikalen Winkeln nicht so stark und bietet sich ab einem vertikalen Winkel von 90° an.

Sphärische Projektionen

Ziel der sphärischen Projektion ist die Abbildung einer Kugel auf eine Fläche. Für die VR-Panoramafotografie von Bedeutung ist hierbei die komplette Abbildung des Raums um die Kamera herum, also 360° horizontal, 90° vertikal nach oben und 90° vertikal nach unten (= 180° vertikal komplett). Daraus leitet sich der Begriff » $360^\circ \times 180^\circ$ -Panorama« und das resultierende Bildseitenverhältnis von 2:1 ab.

Kugel-Projektion

Man stelle sich vor, man stehe im Zentrum einer hohlen, dünnen Kugel und ordne jedem (Gegenstands-)Punkt innerhalb der Kugel einen nächstgelegenen (Bild-)Punkt auf der Kugelinnenseite zu. Danach erzeuge man von dieser Kugeloberfläche, auf der ein Bild entstanden ist, eine zweidimensionale Fläche (Projektion), indem die Kugel so aufgeschnitten wird:

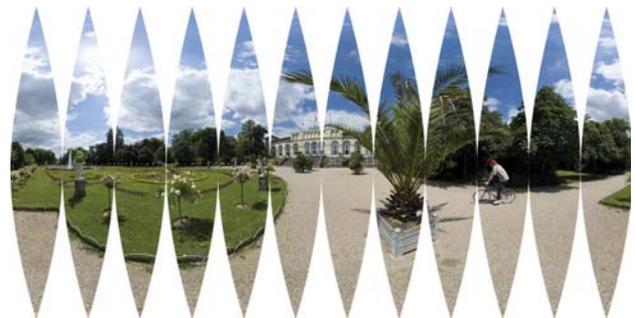


Abbildung 1.15
Das dreidimensionale »Kugelfoto« wird nach diesem Schnittmuster imaginär aufgeschnitten, in die zweidimensionale Ebene ausgebreitet und horizontal gezogen, damit keine Leerstellen verbleiben. Das Resultat ist ein equirektangulares Panoramafoto.

Legte man diese Fläche nun flach auf den Boden hin und würde die lückenhaften Bereiche durch imaginäres horizontales Ziehen verbinden, so erhielte man ein equirektangulares Panoramabild. Die oberen und unteren Randbereiche (an den Polen der Kugel) mussten also hier weiter zusammengezogen werden. Daher ist die Verzerrung dort am größten. Ähnlich funktioniert auch die Weltkartenprojektion der Erdkugel: Arktis und Antarktis sind oben und unten weit horizontal auseinander gezogen.

Der Ausdruck »equirektangular«, also »winkeltreu«, kommt daher, dass die Winkel dreier Punkte zueinander auf der Projektionsfläche denen derer auf der Kugel vor der Projektion entsprechen.

Kubus-Projektion

Kubische Panoramen (»Würfelpanoramen«) decken ebenso wie Kugelpanoramen den kompletten 360°-Winkel horizontal und 180° vertikal ab. Einen Unterschied in der finalen Player-Darstellung würde man nicht bemerken. Die Projektion leitet sich von der Vorstellung ab, die Betrachter befänden sich in einem Würfel und schauten von innen auf die Innenseiten desselben.

Abbildung 1.16

Würfelflächen umgeben die Kamera bei der kubischen Projektion.



Die Abwicklung der Würfelprojektion kann man wie folgt darstellen:



Abbildung 1.17

Typische Darstellung der Würfelflächenabwicklung bei kubischer Projektion.

Die Würfelflächen, die als Zwischenprodukt nach dem Stichen im Workflow zum VR-Panorama entstehen, sind von der Perspektive her wieder rektilinear (90° vertikal und 90° horizontaler Bildwinkel), gerade Linien in der Szene werden auch als gerade Linien abgebildet und so lassen sich die Würfelflächen leichter mit einem Bildbearbeitungsprogramm retuschieren, bevor schließlich das interaktive Panorama zusammengerechnet wird. Die kubische Projektion ist Grundlage der meisten sphärischen Panorama-Viewer (z.B. QuickTime VR, Spi-V).

Stereografische Projektion – Kleine Planeten

Bei der stereografischen Projektion wird der Bodenbereich eines equirektangularen Panoramas in den Bildmittelpunkt transferiert und der Himmelbereich kreisförmig um den Bodenbereich herum. Damit entstehen sogenannte »kleine Planeten«, die meist

von Himmel umgeben sind. Adobe Photoshop kann dies z.B. einfach so erzeugen:

- ▶ Das equirektangulare Foto wird geöffnet,
- ▶ um 180° gedreht und
- ▶ durch Dehnung in das Bildseitenverhältnis 1:1 gebracht (Proportionen nicht beibehalten).
- ▶ Dann wählt man im Menü unter FILTER | VERZERRUNGSFILTER | POLARKOORDINATEN die Option RECHTECKIG | POLAR AUS.

Abbildung 1.18

»Little Planet« – das runde Panorama



Tip

Diese eigenwillige Darstellung eines 360°-Panoramas kann auch als interaktives VR-Panorama online präsentiert werden, z.B. mit dem krpano-Viewer auf Flash-Basis: <http://krpano.com/examples/littleplanets>.

1.3 BILDWINKEL

In den vorangegangenen Kapiteln habe ich öfter den »Bildwinkel« (Engl. »Field of View« - FOV) erwähnt. Diese Kenngröße hat in der Panoramafotografie eine große Bedeutung. Der Bildwinkel eines Objektivs beschreibt den Ausschnitt des Raums vor dem Objektiv, der auf die Ebene des Bildaufnahmesensors projiziert wird. Der Bildwinkel eines Objektivs wird immer im Zusammenhang mit der Sensorgröße betrachtet.

Das Stitch-Programm benötigt z.B. Angaben darüber, um die richtige Perspektive im gestitchten Panorama darzustellen.

Der Bildwinkel eines optischen Systems definiert sich aus dem Aufnahmeformat (Bilddiagonale d) und der Brennweite f nach der Formel

$$\text{Bildwinkel} = 2 * \arctan(d/2f).$$

Unterschieden werden horizontale ($h\text{FOV}$), vertikale ($v\text{FOV}$) und diagonale Bildwinkel (FOV). Ist der Bildwinkel nicht näher beschrieben, so ist der diagonale Bildwinkel gemeint.

Um einen möglichst großen vertikalen Bildwinkel zu erzielen, fotografiert man bei der segmentellen Methode meistens im Hochformat. Ein 17-mm-Weitwinkelobjektiv für das KB-Format erfasst so z.B. einen vertikalen Bildwinkel von 93° gegenüber einem horizontalen Bildwinkel von nur 70°.

Hinweis

Die Formatbezeichnung »Kleinbild« wird oft auch mit »KB« abgekürzt.

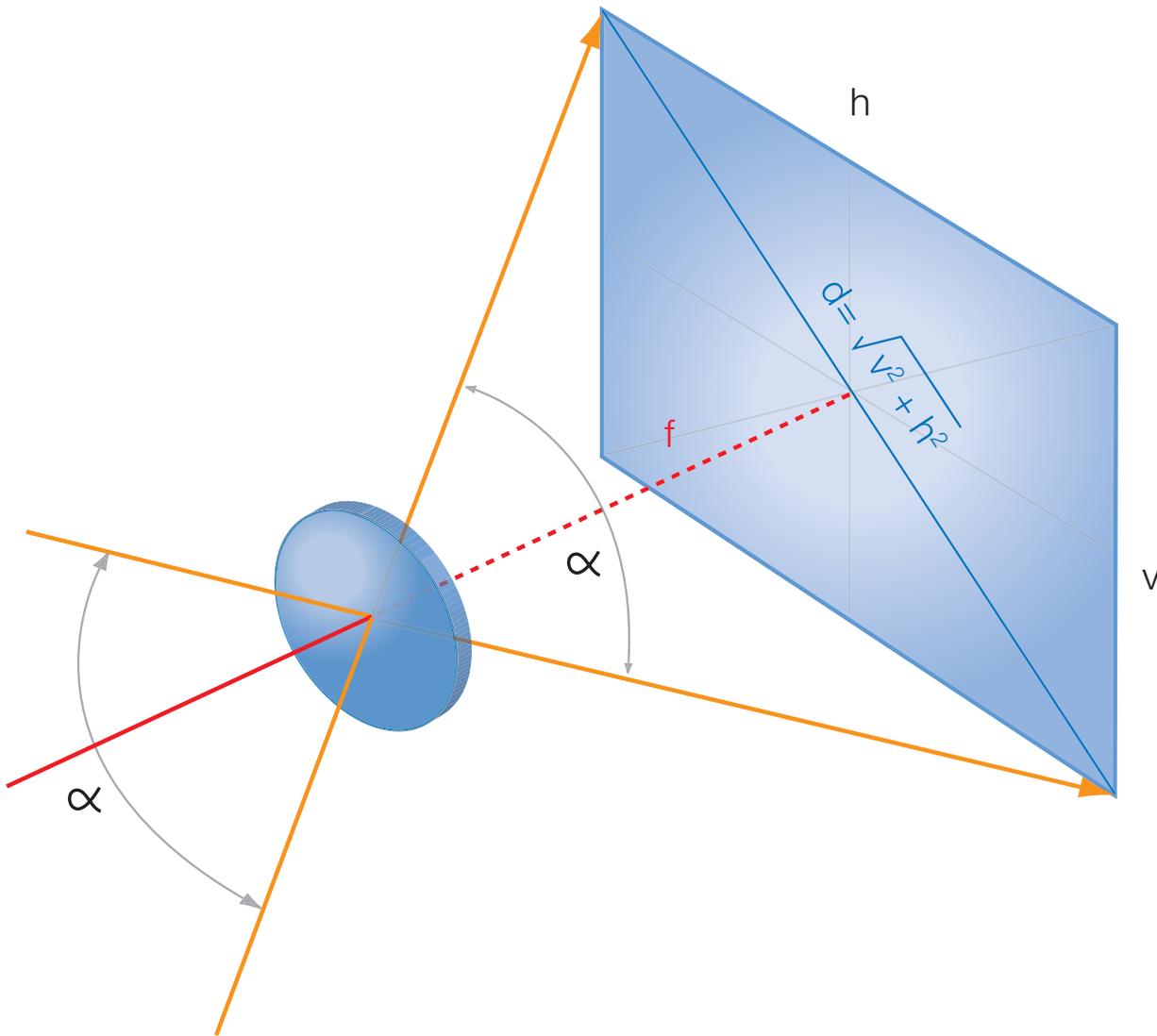


Abbildung 1.19

Berechnung des Bildwinkels α mit Bilddiagonale d , Brennweite f , vertikaler Bildhöhe v und horizontaler Bildbreite h .

Der diagonale FOV beträgt bei einem Full-Frame-Fisheye-Objektiv z.B. 180°, der v FOV 94° und der h FOV 147°. Daher fotografiert man auch mit diesem Objekttyp im Hochformat.

Grundsätzlich gilt die Regel: Je größer der Bildwinkel eines Objektivs, desto weniger überlappende Aufnahmen werden für ein Kugelpanorama benötigt. Allerdings ist dann auch die resultie-

rende Panoramabildauflösung kleiner. Man kann also sehr wohl ein sphärisches Panorama mit Teleobjektiven aufnehmen, hat es aber auch mit einer sehr großen Zahl von Einzelbildern zu tun und benötigt viel Zeit, ggf. eine automatisierte Auslösevorrichtung, höchste Rechenleistung, eine großzügige Speicherausstattung und konstante Aufnahmebedingungen. Gigapixel-Panoramen mit enormem Detailreichtum funktionieren z.B. so, allerdings meist als flache Darstellung und ohne immersiven Effekt, wohl aber durch eine Zoomfunktion interaktiv und im Web darstellbar. Für die immersive VR-Panoramafotografie praktikabel sind also vor allem Fisheye-Objektive mit sehr großen Bildwinkeln.

Folgende Formel berechnet die benötigte Anzahl an Einzelbildern n in einer Reihe bei vorgegebenem horizontalem Bildwinkel $hFOV$ für die Erstellung eines 360°-Panoramas bei 30% Überlappung:

$$n = 100 * 360^\circ / ((100\% - 30\%) * hFOV)$$

Für ein Full-Frame-Fisheye-Objektiv ergäbe sich folgende Anzahl an Einzelbildern n für eine 360°-Reihe:

$$n = 36.000 / (70 * 94) = 5,47$$

Das Ergebnis der Rechnung wird aufgerundet, also 6 Aufnahmen. Für das sphärische Panorama benötigen wir noch eine Aufnahme für den Zenit (Blick senkrecht nach oben) und eine für den Nadir (Blick senkrecht nach unten), also $6 + 2 = 8$ Aufnahmen insgesamt.

Hinweis

Als »Nadir« bezeichnet man in der VR-Panoramafotografie den Aufnahmewinkel -90° , also den Blick senkrecht nach unten. Der »Zenit« ist entsprechend der Aufnahmewinkel $+90^\circ$ und senkrecht nach oben gerichtet. Da im unteren Bildbereich meistens das Stativ steht, muss der Nadir oft retuschiert werden, sofern das Stativ nicht mit abgebildet werden soll.

In der Praxis schießt man allerdings eher mehr Einzelaufnahmen, um die extremen Verzerrungen und Farbfehler vor allem am Bildrand nicht für das Stitchen mit einbeziehen zu müssen. Eine größere Einzelbildüberlappung hilft auch später beim Retuschieren, um z.B. sog. »Geisterbilder« auszubessern.

Achtung

Geisterbilder entstehen, wenn bewegte Objekte fotografiert wurden, die noch in einem Bild sind, aber im Folgebild fehlen. Bei den Geisterbildern fehlt ein Teil des bewegten Objekts, da es vom Stitch-Programm weich in den Hintergrund geblendet wird.



Abbildung 1.20

Geisterbilder entstehen beim Stitchen bewegter Objekte im Überlappungsbereich.