

# Panoramafotografie

## Die große Fotoschule

» Hier geht's  
direkt  
zum Buch

# DIE LESEPROBE



Sony  $\alpha 7R$  IV | TTartisan 7,5 mm  $f2$  Fisheye

Location: Scoul, Graubünden, CH

## KAPITEL 5

# AUFNAHME VON PANORAMEN

---

Die Aufnahme von Panoramen erfordert in vielen Fällen eine spezielle Technik und auch spezielle Kenntnisse. Das Spektrum reicht dabei von einfachen, aus freier Hand gemachten Aufnahmen bis hin zu sphärischen Panoramen unter engen räumlichen Verhältnissen. Die grundsätzlichen Besonderheiten, die die Arbeit mit Panoramen von gewöhnlichen fotografischen Aufnahmen unterscheiden, werden in diesem Kapitel besprochen.

# AUFNAHME VON PANORAMEN

## 5.1 Drehung

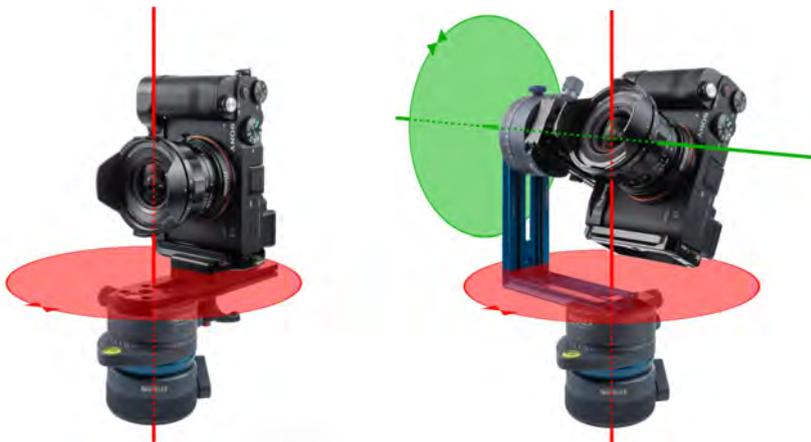
Wichtigste mechanische Voraussetzung für eine Panoramaaufnahme ist eine Drehung der Kamera. Dabei ist für zylindrische Panoramen eine Drehung um eine (vertikale) Achse erforderlich, bei sphärischen Panoramen um zwei Drehachsen, weil hier die Kamera nicht nur im Kreis geschwenkt wird, sondern auch nach oben und unten geneigt werden muss.

Diese Drehung kann aus physikalisch-optischen Gründen, die im folgenden Kapitel 6, »Ausrüstung und Zubehör«, noch genau erläutert werden, nicht um das Gewindeloch für die Stativschraube erfolgen. Die Kamera muss ein wenig weiter hinten montiert werden, damit sie sich um einen speziellen Punkt (Nodalpunkt), der sich im Objektiv befindet, drehen kann. Die dafür nötigen

Stativköpfe sorgen gleichzeitig für die in den meisten Fällen vorteilhafte Ausrichtung der Kamera im Hochformat. Verschiedene Typen solcher Stativköpfe werden mit ihren Funktionsweisen und Einstellungen in Kapitel 6 eingehend vorgestellt und erklärt.

## 5.2 Ausrichtung

Es ist für eine Panoramaaufnahme sehr wichtig, dass die vertikale Drehachse exakt senkrecht ist. Es gibt zwar Ausnahmen, bei denen dieser Aufnahmefehler später per Software korrigiert werden kann, aber meist



« **Abbildung 5.1**

*Drehung der Kamera um eine Hochachse für zylindrische Panoramen (links) und Drehung um zwei Achsen für sphärische Panoramen mithilfe eines speziellen Stativkopfes (rechts)*

bekommt man einen Horizont, der wellig erscheint, was z. B. in Landschaften sehr stört und schwer in der Nachbearbeitung auszubessern ist.

Bei Bauwerken und ähnlichen Motiven wirkt sich das entsprechend auf senkrechte Linien aus, die je nach dem Bildteil, in dem sie sich befinden, nach rechts oder links kippen. Aus diesem Grund haben Stativköpfe für die Panoramafotografie praktisch immer eine Wasserwaage eingebaut.

» **Abbildung 5.2**

*Beispiele für Wasserwaagen (Libelle) an Panoramastativköpfen*



« **Abbildung 5.3**

*Panoramaaufnahme mit nur 3° verstellter Hochachse*

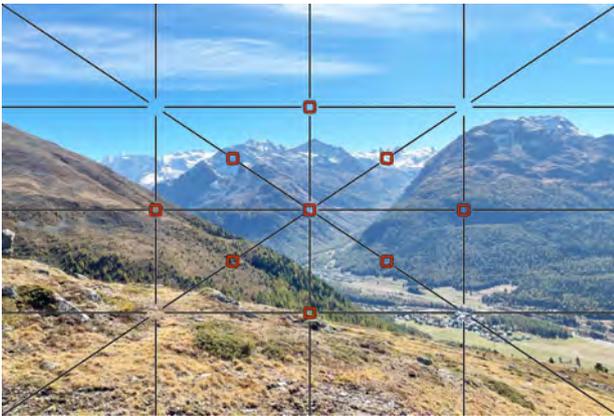


« **Abbildung 5.4**

*Panoramaaufnahme mit exakt senkrecht ausgerichteter Drehachse*

## 5.3 Überlappung

Panoramen stellen Reihenaufnahmen dar, die sich überlappen müssen, damit sich auf benachbarten Fotos gleiche Bildinhalte befinden. Diese müssen Sie für die Montage zur Deckung bringen, damit die Bilder später zu einem einzigen nahtlosen Panoramabild aneinandergefügt werden können. Diese Überlappung darf nicht zu knapp ausfallen, sollte aber auch nicht das übernächste Bild mit einschließen. Ein guter Wert liegt bei etwa 25 bis maximal 40% der Bildbreite.



⚡ **Abbildung 5.5**

Sucherbild (schematisch)  
mit Viertelraster und Auto-  
fokusfeldern

Einen guten Anhaltspunkt für eine ausreichende Überlappung finden Sie bei den meisten Kameras in Form eines Viertel- oder Drittelrasters, das Sie bei vielen Modellen in den Sucher einblenden können. Außerdem können Sie die oft vorhandenen Markierungen für die Autofokusfelder benutzen, deren Eckpunkte meist etwa auf den Vierteln der Bildbreite und -höhe liegen.

Manche Kameras und Smartphones zeigen aus diesem Grund in einem speziellen Panoramamodus das zuvor aufgenommene Bild halbtransparent auf dem Sucherbildschirm an, um so komfortabel anschließende Einzelbilder für ein Panorama positionieren zu können.

Ist die Überlappung zu groß ( $> 50\%$ ), überlagert ein Einzelbild das übernächste. Viele Panoramaprogramme bekommen damit Schwierigkeiten, die zu fehlerhaften Montagen führen oder diese sogar unmöglich machen können.

## 5.4 Die Formatfrage

Rein prinzipiell ist es egal, ob Sie Panoramen im Hoch- oder Querformat (engl. *portrait* bzw. *landscape format*) aufnehmen, da Sie ohnehin durch die Anzahl und An-



» **Abbildung 5.6**

Überlappende Einzelbilder



⤴ **Abbildung 5.7**

*Hochformatige Landschaft mit etwa mittigem Horizont*



⤴ **Abbildung 5.8**

*Querformatige Landschaft mit weiterem Blickwinkel, aber reduziertem Himmel und weniger Vordergrund*

ordnung der Einzelbilder relativ viel Freiheit haben, wie Sie das gewünschte Endformat des Bildes erreichen wollen.

### **Hoch- und Querformat**

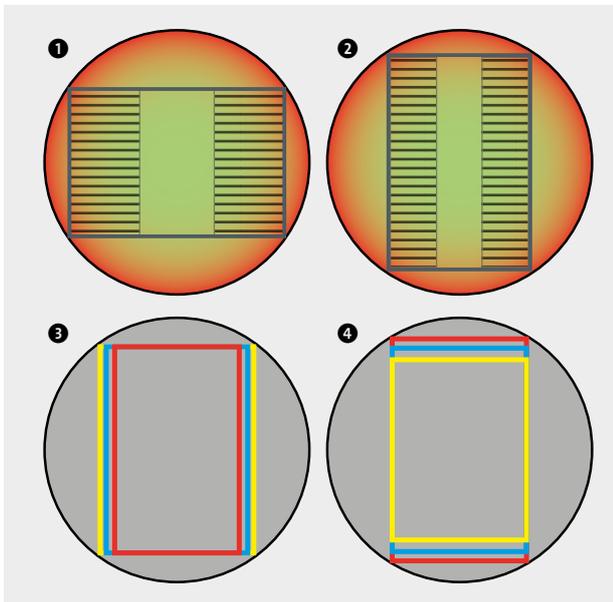
Trotz der genannten Freiheit ist das Hochformat dem Querformat auf jeden Fall vorzuziehen. Dafür gibt es eine ganze Reihe von Gründen:

- Nehmen Sie z. B. für ein zylindrisches 360°-Panorama querformatige Bilder, benötigen Sie zwar weniger Aufnahmen für einen kompletten Kreis, haben aber auch einen relativ kleinen, vertikalen Bildwinkel, sodass das Panorama einen »Sehschlitz«-Charakter bekommt. Wenn man sich, wie meist bei zylindrischen Panoramen, nur um eine Achse dreht (siehe Abbildung 5.1), kann man mit Hochformaten einen größeren Sehwin-

kel in der Senkrechten erreichen. Sie brauchen dafür dann etwas mehr Aufnahmen in horizontaler Richtung. Beim Querformat brauchen Sie für einen größeren vertikalen Bildwinkel mehrere Aufnahmereihen, was den Aufwand deutlich erhöht – auch, weil hier dann ein zweiachsiger Stativkopf benötigt wird. Zudem können einfachere, preisgünstigere Stitching-Programme oft nur einfache Bildreihen montieren.

- Bei Landschaftsaufnahmen ist oft viel Himmel mit im Bild, der keine oder fast keine Bilddetails enthält, die die Montagesoftware für das Ausrichten der Bilder nutzen kann. Bei hochformatigen Aufnahmen können Sie mehr Himmel mit auf das Bild bekommen als bei Querformaten, solange Sie am unteren Ende z. B. noch ein wenig von Häusern, Bäumen oder Bergen mit auf das Bild nehmen, die dem Montageprozess nützen (Abbildung 5.7).

- Bei einem sphärischen Panorama kommt das Hochformat der Geometrie des Panoramabildes entgegen, weil dadurch gegen Zenit (oberer Pol der Panoramakugel) und Nadir (Fußpunkt der Kugel) hin die Überlappung über mehrere Bilder hinweg geringer wird, als dies bei querformatigen Aufnahmen der Fall wäre.
- Bei praktisch allen Objektiven nimmt die Bildqualität von der Mitte zum Rand hin ab, bei guten weniger, bei schlechten mehr. Für die Montage der Bilder sollte die Bildqualität im Überlappungsbereich bestmöglich sein. Bei hochformatigen Einzelbildern ist dieser Bereich insgesamt etwas näher an der Bildmitte (2 in Abbildung 5.9). Sie lassen sich also präziser montieren.



⤴ **Abbildung 5.9**

Lage im Bildkreis: Überlappungsbereiche (schraffiert) bei Quer- 1 und Hochformat 2 sowie verschiedene Bildseitenverhältnisse bei gleicher langer Seite 3 und gleicher kurzer Seite 4 (Gelb: 4:3, Blau: 3:2 und Rot: 16:9)

## Bildproportionen

Die meisten (semi-)professionellen Kameras, seien es spiegellose Modelle oder DSLRs, nehmen im klassischen Kleinbildformat von  $36 \times 24$  mm mit einer Bildproportion

von 3:2 auf. Vor allem bei Kompakt- und Systemkameras und Kameras von Mobiltelefonen werden jedoch auch die Seitenverhältnisse von 4:3 und 16:9 verwendet – Ersteres aufgrund des im Bereich der Bildschirme genutzten VGA-Formats ( $640 \times 480$  Pixel und größere Versionen davon), Letzteres wegen der bei diesen Geräten weitverbreiteten Video-Features (HD- und Full-HD-Aufnahme, 720 p und 1080 p oder 4 K).

Bei einer solchen Kamera haben Sie also oft neben der Wahl zwischen Hoch- und Querformat noch die Auswahl bei den Proportionen. Hierbei ist wichtig, wie die Kamera dabei die Bildauflösung behandelt, denn es gibt nur eine physikalisch reale Bildgröße, die der Kamera-



⤴ **Abbildung 5.10**

Querformat mit der kleinbildtypischen Proportion von 2:3



⤴ **Abbildung 5.11**

Querformat mit der Proportion von 16:9



⤴ **Abbildung 5.12**

*Hochformate mit der Proportion 2:3 (links), 16:9 (Mitte) und 4:3 (rechts)*

sensor liefert. Weitere Seitenverhältnisse sind dann in der Regel Ausschnitte mit geringerer Bildgröße.

Zu beachten ist hierbei außerdem, dass sich durch die Formatwahl auch die daraus resultierende Brennweite des Objektivs ändern kann. Ansonsten können Sie aus den zuvor genannten Überlegungen zur Bildqualität weiter folgern, dass ein schlankes Hochformat in der Proportion von 16:9 besser ist als z. B. das stämmigere 4:3. Natürlich hat auch diese Auswahl einen Einfluss auf die Anzahl der benötigten Einzelbilder.

Bei den meisten Kameras, die wählbare Formate liefern, bezieht sich das auf die Ausgabe als JPEG-Datei. Wird Raw als Ausgabeformat gewählt, wird immer nur das native Bildformat geliefert und damit das, was der Sensor physisch wirklich aufgenommen hat.

## 5.5 Automaten abschalten

Einige der derzeit am Markt verfügbaren Programme zur Montage von Panoramen kommen sehr gut mit Bildreihen klar, die mit einer Kamera im Automatikmodus aufgenommen wurden, bei denen sich also Blende und/oder Belichtungszeit sowie ISO und Weißabgleich über die Serie ändern. Trotzdem ist es unbedingt zu empfehlen, all

diese Parameter über die ganze Reihe der Einzelbilder konstant zu halten. Damit liefern Sie dem Montageprogramm das beste Material. Manchmal kann ein veränderlicher Parameter die Aufnahmen auch unbrauchbar machen, wenn z. B. der Blendenwert schwankt und mit ihm die Schärfentiefe, sodass in benachbarten Bildern Details verschieden scharf sind. Dies kann zu Montagefehlern führen bis hin zur Weigerung der Programme, diese Bilder überhaupt als benachbart zu erkennen. Zumindest hinterlässt eine automatische Einstellung der Kameraparameter in der Regel entweder Schwierigkeiten bei der Bildmontage oder sichtbare Spuren der Grenzen zwischen den Einzelbildern.



⤴ **Abbildung 5.13**

*Die wichtigste Grundeinstellung bei der Panoramafotografie: der manuelle Modus (M) der Kamera*

## 5.6 Weißabgleich

Einige Stitching-Programme analysieren neben dem Auslesen der Exif-Daten, in denen auch die eingestellte Farbtemperatur des Weißabgleichs vermerkt ist, auch benachbarte Bilder oder gar die ganze Bildserie, um festzustellen, ob der Weißabgleich automatisch eingestellt oder im manuellen Modus der Kamera konstant gehalten

wurde. Schließlich finden sich in den Überlappungsbereichen identische Bildteile, die verglichen werden können.

Wie im Beispiel von Abbildung 5.14 kann der automatische Weißabgleich z. B. in der Goldenen Stunde kurz vor Sonnenuntergang und kurz nach Sonnenaufgang auf eine relativ große Skala an kalten und warmen Farbtönen regieren, sodass Sie hier sehr deutliche Farbunterschiede von Bild zu Bild bekommen können.



⤴ **Abbildung 5.14**

*Automatischer Weißabgleich in der Kamera: Panorama mit unterschiedlichen Farbstichen in den Einzelbildern*

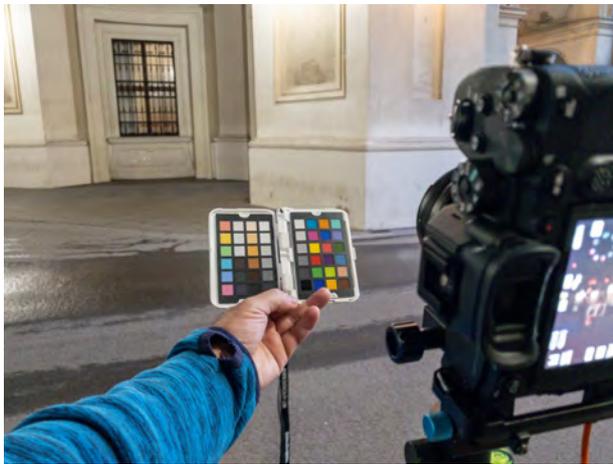


⤴ **Abbildung 5.15**

*Das Stitching-Programm versucht, den inhomogenen Weißabgleich zu korrigieren.*

Es gibt Programme, die solche Differenzen ausgleichen können (Abbildung 5.15), allerdings auch nur bis zu einer gewissen Grenze. Deshalb sollte der Weißabgleich in der Kamera stets fixiert werden. Vor allem in Innenräumen ist eine Farb- oder Graukarte hilfreich, die einen genauen späteren Weißabgleich per Software erlaubt oder sogar eine saubere Korrektur über alle Farben. In Kapitel 8, »Pre-Production«, können Sie dazu im Abschnitt »Bildkorrekturen« unter »Weißabgleich und Farbkorrektur« Genaueres lesen.

Sie können eine Farbkarte wie den *Spyder Checkr Photo* von DataColor oder eine Graukarte auch als Markierung am Anfang einer Panoramaserie aufnehmen. Diese Aufnahmen sind dann später als Trennmarke bei der Sichtung der Bilder z. B. in Lightroom gut zu erkennen.



⤴ **Abbildung 5.16**  
*Farbkarte als Trennzeichen*

## EXIF

Die Metadaten Exif (*Exchangeable Image File Format*) werden von der Kamera bei der Aufnahme in einem Datenblock der Bilddatei gespeichert, sind genormt und umfassen alle technischen Daten der Aufnahme.

## 5.7 Schärfe und Autofokus

Die Bildschärfe sollte bei einem Panorama stets möglichst hoch und auch gleichmäßig sein. Anders als in der herkömmlichen Fotografie, bei der Unschärfe ein wichtiges Gestaltungsmittel sein kann, wird diese in der Panoramafotografie in der Regel vermieden. Der Blick soll nicht nur ringsherum vollständig sein, sondern auch sowohl den Vordergrund als auch den Hintergrund der Szenerie erfassen.



⤴ **Abbildung 5.17**  
*Diese beiden Details auf benachbarten Einzelbildern eines Panoramas werden von einer Stitching-Software nicht mehr als identisch erkannt.*

Daneben gibt es aber auch einen handfesten technischen Grund, möglichst alles in allen Einzelbildern eines Panoramas scharf abzubilden. Stellt man zwei benachbarte Bilder einander gegenüber (Abbildung 5.17), in denen das gleiche Bilddetail einmal scharf und einmal unscharf abgebildet ist, dann ist für das menschliche Auge und für das Gehirn mit seinem Erfahrungsschatz sofort klar, dass es sich um den gleichen abgebildeten Gegenstand handelt. Die Algorithmen zur Mustererkennung einer guten Stitching-Software können in gewissen Grenzen auch unterschiedlich scharf abgebildete Strukturen im Bild noch als identisch bewerten und für die Montage benutzen. Überschreitet die Unschärfe allerdings ein bestimmtes Maß, werden diese Details nicht mehr als zusammengehörig erkannt und sind für die Montage wertlos. Das bedeutet dann für das Stitching entweder

Handarbeit oder macht das Stitching bei Panoramen mit sehr vielen Einzelbildern sogar aussichtslos, beides natürlich noch abgesehen von der schlechteren Bildqualität durch die Unschärfe. Aus diesem Grund sollte bei der Panoramafotografie der Autofokus grundsätzlich abgeschaltet werden.

Die Bildschärfe sollte also manuell eingestellt und für alle Bilder eines Panoramas gleich sein. Hierbei spielen die Begriffe *Schärfentiefe* und *Hyperfokaldistanz* eine entscheidende Rolle. Sie werden im weiteren Verlauf besprochen, weil sie in engem Zusammenhang mit der einzustellenden Blende stehen.

## 5.8 Belichtungszeit

Bei Panoramen wird meistens ein Stativ verwendet. Deshalb ist der Wert für die Belichtungszeit an sich oft kein kritischer Parameter. Lediglich bei sehr langen Belichtungszeiten wird der Faktor der Gesamtzeit für das komplette Panorama ein Thema, wenn sich z. B. die Lichtverhältnisse während der Aufnahmedauer ändern, vor allem bei Kameras mit langsamen Prozessoren und bei langsamen Speicherkarten. Zudem neigt eine ganze Reihe von Digitalkameras zu Bildrauschen, wenn sich die Belichtungszeit stark verlängert.

### HOCHAUFLÖSENDE SENSOREN

Die hier geschilderte gängige Faustregel ist bei besonders hochauflösenden Sensoren mit Vorsicht zu genießen, denn der geringere Pixelabstand macht Verwackeln eher sichtbar als bei einem Sensor geringerer Auflösung. Hier eine gewisse Sicherheitsspanne einzuplanen, ist zu empfehlen.

Nehmen Sie mit freier Hand auf, gilt die gleiche Faustregel wie bei der herkömmlichen Fotografie. Diese besagt, dass die Belichtungszeit nicht länger werden sollte als der Kehrwert der Objektivbrennweite. Hierbei zählt immer die auf das Kleinbildformat bezogene Brennweite,

die also z. B. bei einem 50-mm-Objektiv nicht länger als  $1/60$ s sein sollte. Sitzt dieses Objektiv beispielsweise auf einer nicht vollformatigen Kamera wie einer Sony  $\alpha 6600$  (APS-C-Format), ist die Verschlusszeit mit dem Verlängerungsfaktor von 1,5 zu multiplizieren, also  $1/90$ s. Bei einer Spiegelreflexkamera von Canon mit einem Faktor von 1,6 sind das  $1/96$ s. Hier sollten Sie den nächstkürzeren Wert der verfügbaren Skala an Verschlusszeiten nutzen (in beiden Fällen  $1/100$ s).

Da Sie später sehen werden, dass man bei der Blende wenig Auswahl hat und auch diese auf einen bestimmten Wert fixiert werden muss, bleibt neben dem ISO-Wert nur noch die Verschlusszeit als Einstellgröße übrig, mit der Sie die Belichtungseinstellung handhaben können.

### ISO-EINSTELLUNG

Durch weitgehende Benutzung eines Stativs haben Sie in der Regel einen so großen Spielraum bei der Belichtungszeit, dass Sie deshalb die ISO-Einstellung meistens nicht erhöhen müssen und diese auf einem möglichst niedrigen Wert stehen lassen können. Bei den meisten Kameras ist dies ISO 100.

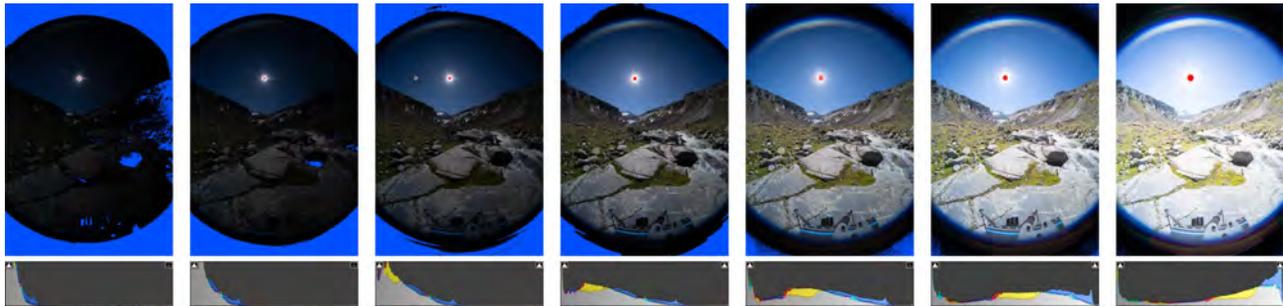
Ausnahmen sollten Sie hier nur bei Nachtaufnahmen machen, bei denen sich sonst die langen Belichtungszeiten aller Einzelbilder beträchtlich aufsummieren können oder sich Sterne nicht mehr punktförmig abbilden lassen.

Eine andere Gelegenheit für höhere ISO-Werte ist die Verwendung eines Einbeinstativs oder eine freihändige Aufnahme unter schlechten Lichtverhältnissen.

### Beste Belichtung finden

Panoramen haben oft die Eigenschaft, wesentlich größere Differenzen zwischen der hellsten und der dunkelsten abgebildeten Stelle aufzuweisen, als dies bei gewöhnlicher Fotografie der Fall ist.

Dieser sogenannte *Tonwertumfang*, oft auch als *Kontrastumfang* bezeichnete Bereich zwischen den hellsten Lichtern und den dunkelsten Tiefen, bringt häufig Probleme mit sich: Sie müssen entweder die hellsten Lich-



⤴ **Abbildung 5.18**

Serie mit jeweils um 1, 2 und 3 Blenden unterbelichteten (nach links) bzw. überbelichteten Bildern (nach rechts) (Histogramme unterhalb)

ter »ausfressen« oder die dunkelsten Stellen »absaufen« lassen, d. h. rein weiße bzw. schwarze Stellen im Bild zulassen, die keine »Zeichnung«, sprich Bildinformation, mehr enthalten.

Die Belichtung lässt sich bei Panoramen deshalb oft nur als Kompromiss einstellen. Da die hellsten und die



⤵ **Abbildung 5.19**

Das um eine Blende überbelichtete Bild aus Abbildung 5.19 stellt sich als dasjenige mit dem besten Belichtungs-kompromiss heraus.

## GESCHWINDIGKEIT

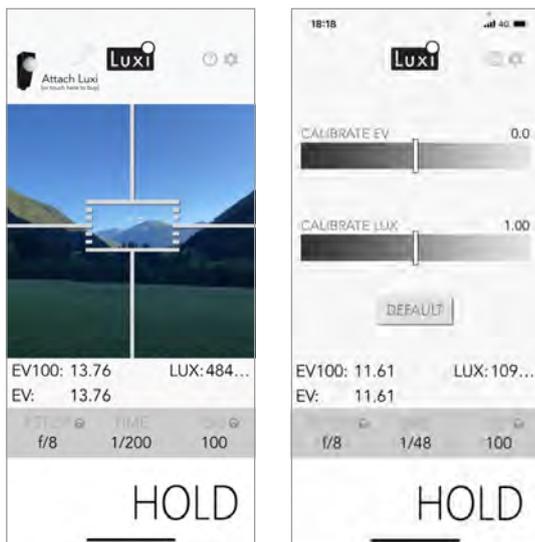
Für große Panoramen und Panoramen in einem bewegten Umfeld spielt die Zeit eine nicht unwichtige Rolle. Machen Sie 100 oder mehr Bilder für ein Großpanorama, vergeht zwischen Anfang und Ende der Aufnahme genug Zeit für eine Veränderung der Lichtverhältnisse, z. B. durch ziehende Wolken oder den Verlauf der Dämmerung (siehe auch unter »Zeitprobleme« im Abschnitt 7.2, »Aufnahmeprobleme meistern«). Hier spielt sowohl die Schnelligkeit der Bedienung (Auslöseverzögerung) eine Rolle als auch die Zeit, die die Kamera braucht, um die Bilder auf die Speicherkarte zu kopieren. Deshalb sind besonders für die Panoramafotografie die schnellstmöglichen Karten zu empfehlen, ganz besonders in Anbetracht professionellerer Kameramodelle, bei denen jedes einzelne Raw-Bild bereits eine beträchtliche Größe hat. Speziell bei älteren Kameramodellen kann hier auch der interne Bildprozessor schnell an seine Grenzen kommen.

dunkelsten Stellen des Panoramas meist nicht im gleichen Bild vorkommen, müssen Sie sie über die gesamte aufgenommene Reihe der Einzelbilder suchen und beurteilen, was erfahrungsgemäß darauf hinausläuft, dass man gezielt die hellsten Lichter opfert und ausfressen lässt (rot markiert in Abbildung 5.18) – wie bei Innenaufnahmen eventuell sehr helle Fenster. Bei Außenaufnahmen gilt das vor allem für die Sonne. Am besten suchen Sie nach den hellsten Stellen im Bild und versuchen dann eher, die dunkleren Bereiche aufzuhellen.

## BELICHTUNGSMESSUNG

Die mittlere Belichtung für ein Panorama ermittelt man am besten im A-Modus, also Zeitautomatik mit Blendenvorwahl. Dann dreht man sich mit der Kamera im Kreis und merkt sich die längste und die kürzeste vorgeschlagene Belichtungszeit, wählt davon den ungefähren Mittelwert und belichtet anschließend (je nach Szenerie) etwas darunter oder darüber.

Auch ein vermeintlich altmodisches Werkzeug kann in der Panoramafotografie nützlich sein: der Belichtungsmesser. Speziell die Kalotte dieser Geräte, die dafür da ist, jene Lichtmenge zu messen, die von allen Seiten auf einen bestimmten Punkt fällt, gibt einen guten Anhaltspunkt für die durchschnittliche Belichtung, die man z. B. in einem Raum erwarten kann. Das geht mit der eingebauten Belichtungsmessung der Kamera eben nur mit einem Schwenk in alle Richtungen. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch der Gebrauch von Smartphones. Diverse Apps nutzen die Kamera des Mobiltelefons für die Lichtmessung, und für manche Apps gibt es sogar Kalotten zum Aufstecken.



⤴ **Abbildung 5.20**

Mit einer App wird Ihr Smartphone zum Belichtungsmesser, hier mit der Luxi-App (siehe [panobu.ch/luxi](http://panobu.ch/luxi)). Auf der Oberfläche der Luxi-App können Sie zwei Werte vorgeben und bekommen den dritten als Ergebnis der Messung, hier die Belichtungszeit.

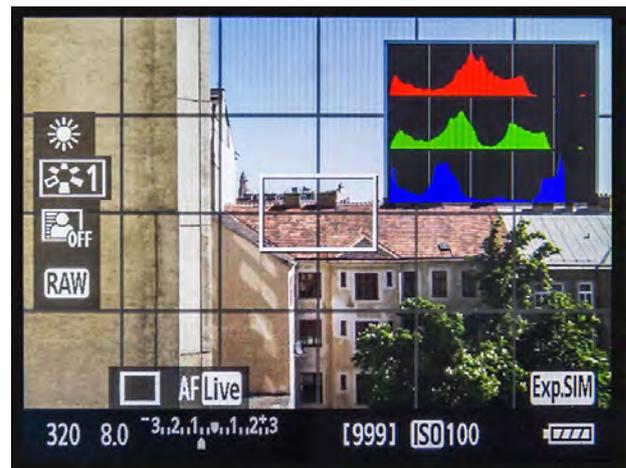
## Histogramm

Neben dem Belichtungsmesser in der Kamera ist es vor allem das bei vielen Geräten verfügbare Histogramm, das bei der Beurteilung der Belichtung sehr hilfreich ist.

Dieses Diagramm lässt sich bei den meisten Kameras im Sucherbildschirm einblenden. Unabhängig von den

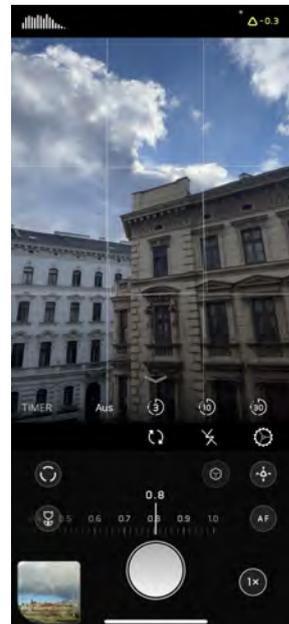
verschiedenen Methoden der internen Belichtungsmessung zeigt es die tatsächliche Verteilung der Tonwerte von den Lichtern bis zu den Tiefen und signalisiert z. B. mit dem »Anstoßen« des »Tonwertgebirges« am rechten Rand eine Überbelichtung.

Je nach Ausstattung der Kamera oder Kamera-App wird dabei der Tonwertumfang für die Helligkeit insgesamt (Abbildung 5.22) oder für die drei Farbkanäle Rot, Grün und Blau separat angezeigt (Abbildung 5.21).



⤴ **Abbildung 5.21**

Farbhistogramm auf dem Kamera-Display in der Live-Vorschau bei einer digitalen Spiegelreflexkamera



⤴ **Abbildung 5.22**

Histogramm bei einer Kamera-App (links oben im Display)

## 5.9 Raw oder JPEG?

Wenn Sie, wie in Abbildung 5.18 verdeutlicht, erhebliche Tonwertunterschiede zu bewältigen und den dort gezeigten Kompromiss zu wählen haben, ist es meistens sinnvoll, dabei die Tiefen aufzuhellen. Wie gut das gelingt, hängt einmal davon ab, wie viele verschiedene Tonwerte der Sensorchip der Kamera aufnehmen kann, und dann davon, wie viele davon gespeichert werden können. Dafür müssen Sie sich die beiden wichtigsten Dateiformate in der Digitalfotografie sowie deren Handhabung in der Kamera anschauen.

### JPEG

JPEG ist das wohl am meisten verbreitete Bilddateiformat überhaupt und kann von praktisch jeder Software, die auch nur irgendwie mit Anzeige, Erzeugung und Bearbeitung von Bildern zu tun hat, gelesen und verarbeitet werden. Beim JPEG-Format werden je 256 verschiedene Abstufungen für jeden der drei Farbkanäle Rot, Grün und Blau abgespeichert und dabei mehr oder weniger komprimiert, um z. B. die Dateigröße zu beschränken oder Übertragungsbandbreite zu sparen. Diese 256 Stufen ergeben 8 Bit ( $2^8 = 256$ ) Farbtiefe. Dies gibt auch das Verhältnis zwischen dem gesamten Wertumfang und der kleinsten darstellbaren Einheit wieder (1:256).

Bei Bildern kann man das als Verhältnis der kleinsten erkennbaren Helligkeits- und Farbunterschiede zum verfügbaren Bereich zwischen Absaufen nach Schwarz und Ausfressen nach Weiß auch als *Dynamikumfang* bezeichnen. Er wird auch *Kontrastumfang* genannt und in Blendenstufen angegeben. Jede Blendenstufe mehr ergibt eine Verdoppelung des verfügbaren Wertebereichs.

Bei der digitalen Aufzeichnung eines Bildes in der Kamera verhält es sich ähnlich. Jedes Bit mehr bei der Farbtiefe ergibt eine Verdoppelung des Wertebereichs, der zur Verfügung steht. So kann man grob abschätzen, dass das JPEG-Format mit 8 Bit Farbtiefe nicht sehr viel Dynamikumfang wiedergibt. Bei diesem relativ geringen darstellbaren Kontrastumfang kommt also ein großer Teil der ursprünglich vom Sensorchip aufgezeichneten Bildinformationen gar nicht mehr in der Bilddatei an. Bei den

Tiefen verschwinden Details im Schwarz, und für feinste Nuancen sind 256 Abstufungen oft einfach nicht genug.

Sollen also die Lichter nur wenig ausfressen und wollen Sie in den Tiefen noch durch Aufhellen Zeichnung herausholen, sind hier die Möglichkeiten bei JPEG sehr beschränkt. Auch eine oft gewünschte Kontrastverstärkung blasser Bilder (z. B. mit viel Dunst) leidet darunter.

Die meisten digitalen Kameras können im Gegensatz dazu mit ihrem Sensorchip 12 bis 14 Bit aufzeichnen. Wie viel davon wirklich abgebildeter Kontrastumfang des Motivs ist, hängt stark von der Qualität der Kamera und des Sensors ab. Profigeräte können wirklich den gesamten Kontrastumfang ausnutzen, den 14 Bit mit einem Verhältnis von 1:16 384 bieten.

### BILDRAUSCHEN

Das Bildrauschen schränkt den Dynamikbereich von der Seite der kleinsten Nuancen her ein, wenn es stärker wird als die kleinsten Helligkeits- und Farbunterschiede im Bild. Das Rauschen steigt mit höheren ISO-Werten generell an. Ein weiterer Faktor, der Rauschen vergrößert, ist – abhängig von der Qualität und Bauart des Sensorchips – eine lange Belichtungszeit. Eine Ursache dafür kann z. B. die Erwärmung des Sensors bei längeren Belichtungszeiten sein (thermisches Rauschen).

### Das Raw-Format

Um die Nachteile des JPEG-Formats zu umgehen und auch die erheblichen Dateigrößen des TIFF-Formats zu vermeiden, wurde das Rohdatenformat, auch *Raw* genannt, eingeführt. Hier wird der Kontrastumfang, den der Sensorchip liefert, möglichst komplett digitalisiert und aufgezeichnet. Hierfür verwenden die meisten Kamerahersteller eine Farbtiefe von 16 Bit mit einem Verhältnis von Wertebereich und kleinster auflösbarer Stufe von 1:65 536, die genug Spielraum auch für die Daten hochwertiger Sensoren bietet. Die Daten sind zwar für die gleiche Bildgröße oft mehr als doppelt so groß wie JPEG-Dateien, liefern aber deutlich hochwertigeres Bildmaterial für die weitere Bearbeitung.



« **Abbildung 5.23**

Das Rohdatenformat (»Raw«) sollte bei der Panoramafotografie immer Ihre erste Wahl sein.

Weil Sie gerade bei der Panoramafotografie oft mit hohem Kontrast in den Motiven konfrontiert sein werden, sollte das Raw-Format immer die erste Wahl sein, wenn Ihre Kamera dieses liefern kann. Das können auch bessere Modelle aus der Kompaktklasse, während es für alle digitalen Spiegelreflexkameras und alle spiegellosen Kameras Standard ist. Selbst viele Smartphones liefern mittlerweile das Raw-Format.

Die Rohdaten können Sie quasi wie das Negativ in der analogen Fotografie verstehen, das erst »entwickelt« werden muss. Die Daten stammen direkt vom Sensorchip und sind meist nicht oder kaum vom Prozessor in der Kamera bearbeitet. Da die Bauweise und das technische Innenleben der Sensorchips je nach Kamera und Hersteller verschieden sind, müssen Sie die unterschiedlichen proprietären Rohdatenformate erst in bearbeitbare Bildformaten wie TIFF oder das Photoshop-Format PSD umwandeln.

Dabei findet auch die grundlegende und für alle Aufnahmen einer Panoramabildreihe gemeinsame Bildbearbeitung statt. Dort profitieren Sie für die Vorbereitung auf den eigentlichen Montageprozess (Stitching) vom wesentlich höheren Kontrastumfang dieser rohen Bild-Dateien. Zwar sind die Dateien größer, aber bei 16 Bit Farbtiefe ist auch die Bildqualität höher, weil bei Raw keine oder nur eine geringe Kompression angewendet wird. Diese Vorbereitung der Bilder, die *Pre-Production*, wird in Kapitel 8 eingehend besprochen.

## 5.10 Blende und Schärfentiefe

Zwei sehr wichtige Rahmenbedingungen der Panoramafotografie hängen mit der Blende zusammen: Zum einen muss die Blende konstant gehalten und jede Automatik in der Kamera, die die Blende verändert, abgeschaltet werden, damit sich die Schärfentiefe nicht ändert und in benachbarten Bildern dadurch keine unterschiedlichen Bildinhalte entstehen. Zum anderen muss die Schärfentiefe möglichst groß sein, weil der Fokus ebenfalls über die Bildreihe nicht verstellt werden darf. Es soll also ein möglichst großer Bereich zwischen nahem Vordergrund und fernem Hintergrund scharf abgebildet werden. Weil diese beiden Anforderungen gemeinsam möglichst optimal unter einen Hut zu bekommen sind, müssen Sie sich in der Panoramafotografie eingehender mit der Blende beschäftigen.

Zunächst ist die Blende ein Mittel, um die Lichtmenge zu regulieren, die auf den Sensorchip der Kamera fällt. Daneben beeinflusst sie aber auch jenen Bereich, der vor und hinter jener Ebene scharf abgebildet wird, auf die Sie manuell oder mittels Autofokus scharf stellen (Schärfeebene). Je kleiner die Blende zugezogen wird, d. h. je größer die Blendenzahl, desto größer wird die Schärfentiefe.

Ist das Loch, das die Blende offen lässt, beliebig klein, erstreckt sich dieser Bereich theoretisch von der Kamera bis in unendliche Entfernung. Das wäre dann im Prinzip eine mathematisch ideale Lochkamera.

### Schärfentiefe

Die *Schärfentiefe*, auch oft (eigentlich unkorrekt) *Tiefenschärfe* genannt, ist für die Panoramafotografie sehr wichtig, weil der Fokus immer manuell eingestellt werden muss und der Autofokus, den praktisch alle Kameras an Bord haben, nach Möglichkeit grundsätzlich abgeschaltet werden sollte. Die Schärfe wird in der Regel fix auf eine bestimmte Distanz eingestellt.

Versucht man z. B. bei der Porträtfotografie, die Schärfentiefe eher klein zu halten und nur das Gesicht scharf abzubilden, den Hintergrund dagegen in der Unschärfe (Bokeh) zu lassen, um das Gesicht hervorzuheben,

versucht man bei Panoramen ganz im Gegenteil einen möglichst großen Bereich scharf zu bekommen. Die entsprechende Blendenzahl wird dann konstant für alle Aufnahmen einer Serie beibehalten.

Sie können jedoch die Schärfentiefe nicht beliebig erhöhen, indem Sie die Blende immer weiter schließen. Bei einer zu geringen Größe treten Beugungseffekte an den scharfen Kanten der Blendenlamellen auf, die die Bildschärfe wieder verschlechtern (Beugungsunschärfe). Den Wert, bei dem sich die beim Schließen der Blende zunehmende Schärfentiefe mit der zunehmenden Beugungsunschärfe trifft, nennt man *förderliche Blende*.

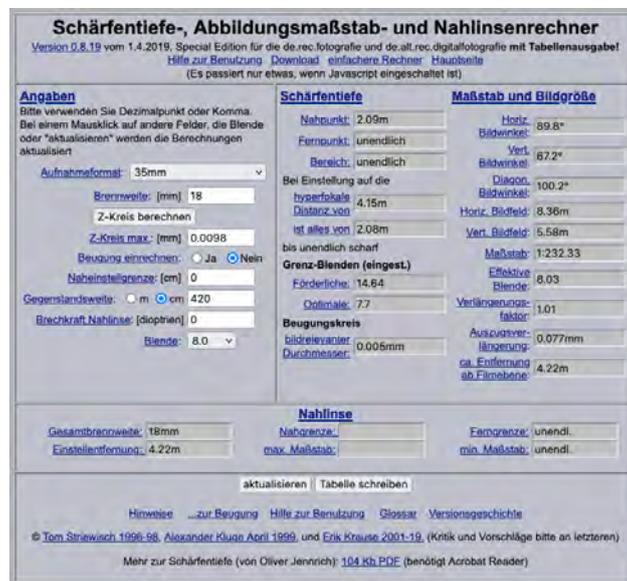
Maßgeblich für eine optimale Kameraeinstellung für ein Panorama ist die Kombination von folgenden Parametern:

- eingestellte Blende
- förderliche Blende
- Brennweite des Objektivs
- Entfernungseinstellung des Objektivs
- Pixelanzahl und physische Abmessungen des Sensorchips
- zulässiger Zerstreungskreis
- gewünschte physische Bildgröße als Ausdruck oder am Bildschirm
- Betrachtungsabstand

Wegen dieser Anzahl an optisch-physikalischen Parametern ist die Berechnung nicht ganz einfach. Es soll deswegen hier auf die Herleitung dieser Berechnungen verzichtet und stattdessen auf ein paar Hilfestellungen verwiesen werden, mit denen Sie diese Größen gut ermitteln können.

Es gibt zahllose fotografische Helfer-Apps für iOS- und Android-Smartphones. Für solche, die Ihnen die Berechnung der Schärfentiefe erlauben, müssen Sie nur nach »Depth of Field« suchen. Hervorzuheben unter all diesen Apps ist sicher PhotoPills (Abbildung 5.24, [panobu.ch/photopills](http://panobu.ch/photopills)). Es ist nicht nur für die Berechnung der Schärfentiefe, sondern auch für viele andere fotografische Zwecke ein beliebter und sehr nützlicher Helfer. Etwas technischer aufgebaut, aber sehr ausführlich ist der Rechner des in der Panoramafotografen-Szene wohl-bekannteren Freiburgers Erik Krause (Abbildung 5.25, [panobu.ch/krause](http://panobu.ch/krause)).

Diese Apps berücksichtigen auch die Pixeldichte des Sensors und berechnen daraus den zulässigen Zerstreungskreis. Beide liefern erfahrungsgemäß gute, praktisch brauchbare Werte und sind sehr zu empfehlen, wenn es darum geht, wie Sie für Ihre eigene Kamera-Objektiv-Kombination die optimalen Parameter für eine Aufnahme ermitteln.



««« **Abbildung 5.24**

Die Smartphone-App PhotoPills, hier die Seite für die Berechnung der Schärfentiefe (links)

« **Abbildung 5.25**

Der Schärfentieferechner von Erik Krause (rechts)

## ZERSTREUUNGSKREIS

Eine wichtige Kenngröße bei der Berechnung der förderlichen Blende und der erreichbaren Schärfentiefe ist der Zerstreuungskreis (engl. *Circle of Confusion*). Er beschreibt die Auffächerung eines idealen scharfen Lichtstrahls durch die Beugungsunschärfe zu einem mehr oder weniger großen Lichtpunkt.

Beachten Sie, dass aktuelle Kameras mit Auflösungen jenseits der 30 Megapixel oft nur noch einen relativ kleinen Bereich haben, in dem die Schärfentiefe zunimmt, bevor der Zerstreuungskreis zu groß für die kleinen Sensorpixel wird. Bei Kameras im aktuellen Spitzenbereich um die 60 Megapixel ist dieser Bereich schon sehr klein und stößt hier an die Grenze des technisch Machbaren. Meist kann man nur noch bis  $f8$  abblenden. Abgesehen davon erreichen viele Objektive hier auch nicht mehr die optische Auflösung, um solche Sensoren noch mit ausreichend scharfen Bildern zu versorgen.

## Hyperfokaldistanz

Aus diesen Berechnungen ergibt sich eine sehr wichtige Größe, die sogenannte *Hyperfokaldistanz*. Sie gilt für eine bestimmte Brennweite und Blendenzahl und gibt an, bei welcher minimalen Entfernungseinstellung die Schärfentiefe bis unendlich reicht. Zur Kamera hin geht der Bereich brauchbarer Schärfentiefe bis etwa zur Hälfte dieser Distanz. Abbildung 5.24 zeigt den Wert beispielhaft für ein 35-mm-Weitwinkelobjektiv an einer Vollformatkamera mit einem 24-Megapixel-Sensor. Wird dieses auf  $f11$  abgeblendet und auf eine Entfernung von 3,7 m fokussiert, ist die Aufnahme von etwa 1,8 m bis unendlich scharf. Dreht sich die Kamera für ein zylindrisches Panorama auf einem Stativ mit 1,6 m Augenhöhe, können wir sicher sein, dass der Boden nahezu bis ans Stativ heran scharf aufgenommen wird.

Haben Sie die passende Blendenzahl und die Hyperfokaldistanz einmal für Ihre Kamera-Objektiv-Kombination ermittelt, können Sie Ihr Objektiv für die Panoramafotografie fix einstellen. Stellen Sie z. B. beim

8-mm-Fischauge von Sigma bei einer Blende von  $f8$  eine Distanz von einem Meter ein, ist die Abbildung von 45 cm bis unendlich scharf. Manche Panoramafotografen und -fotografen fixieren den Einstellungsring für den Fokus (Entfernung) am Objektiv deshalb gleich mit Klebeband auf dieser Distanz (2 in Abbildung 5.26). Zusätzlich können Sie den Schalter für den Autofokus mit einem kleinen Stück Plastik blockieren (1).



⤴ **Abbildung 5.26**

8-mm-Sigma-Fischauge mit abgeschaltetem und blockiertem Autofokus (1) und fixierter Entfernungseinstellung (2)

## 5.11 Sensorgröße

Zwei ebenfalls unmittelbar zusammenhängende Eckdaten für die Aufnahme von Panoramen sind die (physische) Größe des Sensorchips und die Brennweite des Objektivs. Beide gemeinsam entscheiden, welchen Bildwinkel ein Einzelbild der Panoramareihe abbilden kann, wie viele Aufnahmen man somit z. B. für eine komplette Runde von  $360^\circ$  braucht und welche Bildgröße das Ergebnis erreichen kann.

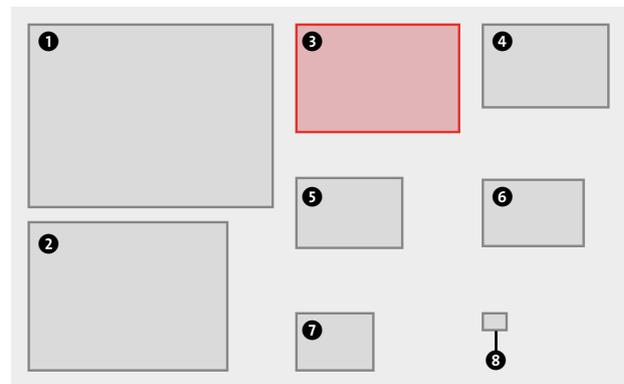
Die Brennweite eines Objektivs wird in den allermeisten Fällen in Millimetern angegeben und auf die Größe des analogen Kleinbildfilms bezogen (sehr oft KB abgekürzt, rot markiert in Abbildung 5.28). Diese misst  $36 \times 24$  mm. Bei digitalen Kameras wird dies auch als Vollformat bezeichnet. Nur bei diesen Kameras gilt die Brennweite, die auf dem Objektiv gekennzeichnet ist.



⤴ **Abbildung 5.27**

Größenvergleich der drei wichtigsten Sensorformate (MFT, APS-C und Vollformat)

Wird der Sensorchip kleiner, reduziert sich der Bildwinkel des aufgenommenen Bildes (engl. *Field of View, FOV*). Dies geschieht um genau den Faktor, den dieser Sensor gegenüber dem Vollformat kleiner ist. Weil jetzt nur noch ein Ausschnitt des Vollformats aufgenommen wird, heißt dieser Faktor im Englischen auch *Crop Factor*. Im deutschen Sprachraum ist auch der Begriff *Verlängerungsfaktor* verbreitet. Im Englischen steht hierfür *Focal Length Multiplier* oder kurz *FLM*, weil sich bei verkleinertem Bildwinkel die Brennweite nominell verlängert.



⤴ **Abbildung 5.28**

Sensorformate im Größenvergleich

Format	H × B (mm)	Cropfaktor (FLM)	Beispielkamera
① Mittelformat (Phase One)	40,4 × 53,7	~0,6	Phase One (div. Modelle)
② Mittelformat (Fujifilm GFX)	32,9 × 43,8	~0,8	Fujifilm GFX 100S
③ Kleinbild (Fullframe, Vollformat)	24 × 36	1	Sony-α7-Reihe, Nikon Z, Canon EOSR, div. DSLRs (Canon EOS, Nikon FX)
④ APS-H	18,6 × 27,9	1,3	Canon EOS 1D Mk IV
⑤ DX/APS-C	15,8 × 23,6	1,5	Nikon D7500, Sony-α6000-Reihe, Fujifilm-X-Reihe
⑥ APS-C (Canon)	14,8 × 22,2	1,6	Canon EOS 90D
⑦ MFT	13 × 17,3	2	div. Panasonic und Olympus
⑧ 1/2,5"	5,7 × 4,2	6,5	z. B. iPhone 12

⤴ **Tabelle 5.1**

Verschiedene Sensorgrößen mit Abmessung, Verlängerungsfaktor (FLM) und Beispielkameras

## OBJEKTIVE FÜR KLEINERE SENSOREN

Der Verlängerungsfaktor hat bei populären Kameraserien zu Objektiven geführt, die nur für diese Sensorgrößen gedacht sind. Bei den APS-C-Kameras von Canon ist das die EF-S-Objektivreihe, bei Nikon die DX-Nikkor-Reihe. Ähnliches gilt für Objektive bei Micro-Four-Thirds-Kameras mit einem Verlängerungsfaktor von 2. Beispiele für gängige Panorama-Objektive sind das Canon EF-S-10-22-mm-Weitwinkel und das Nikon DX-10,5-mm-Fischauge. Ähnliches gilt für die Sony- $\alpha$ -Reihe mit APS-C-Sensor (z. B.  $\alpha$ 6600).

Ein Standardobjektiv wie z. B. ein 18-55-mm-Zoom hat auf einer Kamera mit der Sensorgröße APS-C (📷 in Abbildung 5.28) mit dem Cropfaktor von 1,6 einen Brennweitenbereich von 28,8 bis 88 mm. Während Sie bei Objektiven zu den Teleobjektiven hin durch die Verlängerung Vorteile haben, weil Sie entsprechende Brennweiten für weniger Geld bekommen und auch weniger Gewicht in Kauf nehmen müssen, ist es Richtung Weitwinkel umgekehrt: Ein 16-mm-Weitwinkel hat an einer APS-C-Kamera eine Brennweite von »nur« noch 25,6 mm.

Weil Fotografen und Fotografinnen in der Panoramafotografie in der Regel danach streben, mit möglichst wenig Bildern z. B. für einen vollen Kreis von 360° auszukommen, arbeitet hier der Verlängerungsfaktor gegen diese Absicht.

## SENSORGRÖSSE UND RAUSCHEN

Außer bei der Brennweitenverlängerung spielt die Sensorgröße noch in anderer Hinsicht eine große Rolle. Bei gleicher Pixelanzahl auf dem Chip sind die Pixel bei einem größeren Chip natürlich ebenfalls größer. Dieser *Pixel Pitch* ist entscheidend für das Rauschverhalten einer Kamera, weil große Pixel mehr Licht einfangen können. Bei kleinen Chips, sprich kleinen Pixeln, und wenig Licht muss verstärkt, d. h. der ISO-Wert erhöht werden, wodurch auch das Rauschen von Chip und Elektronik verstärkt wird.

## Ausgabegröße und optische Auflösung

Eine wichtige Frage bei der Auswahl von Kamera und Objektiv ist die Ausgabegröße, die sich z. B. für ein 360°-Panorama damit erzielen lässt. Vor allem, wenn Sie Ihr Panorama später drucken wollen, sollte das Ergebnis eine entsprechende Abmessung in Pixeln haben.

## AUFLÖSUNG

Dieser Begriff wird oft missverständlich und falsch verwendet, denn meist ist die Bildgröße in Pixeln gemeint. Die Auflösung setzt aber stets eine Abmessung in Pixeln mit einer physischen Ausgabegröße in Relation, z. B. für den Druck oder eine Ausgabe am Bildschirm.

Aktuelle Kameras liefern z. T. erstaunliche Bildgrößen ab, und die Hersteller überbieten sich bei neuen Modellen mit immer höheren Megapixel-Zahlen. Mittlerweile sind wir allerdings in einem Bereich angekommen, in dem solche leistungsfähigen Sensoren mitunter gar keinen Sinn mehr ergeben, weil schlicht und einfach die Objektive die entsprechende optische Leistung dafür gar nicht bringen – oder stark vereinfacht gesagt: Der Sensor ist viel schärfer als die Linse.

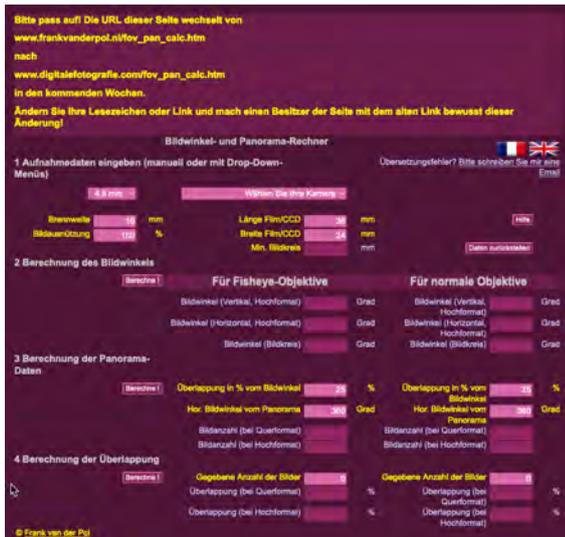
Ältere Objektive sind ohnehin meist nur für eine scharfe Abbildung auf analogem Film konstruiert worden, obwohl es hier auch beachtlich scharf abbildende Exemplare gibt, die auch höher auflösenden, modernen Sensoren standhalten, z. B. alte Zeiss-Objektive. Aber auch aktuelle Objektive schaffen es mitunter nicht, auf einen 60-Megapixel-Sensor ein ausreichend scharfes Bild zu werfen. Die Auswahl an adäquaten Objektiven ist überschaubar. Es ist demnach ratsam, bei der Kamera nicht unbedingt auf das Modell mit der besten Sensorgröße zu setzen, sondern auf ein gutes Verhältnis zwischen der optischen Leistungsfähigkeit des Objektivs und dem Sensor der Kamera zu achten.

Hier kann es z. B. sinnvoll sein, für einen kleineren APS-C-Sensor ein Vollformat-Objektiv zu verwenden, von dem der Sensor nur den qualitativ hochwertigeren, zentralen Teil des Bildkreises aufzeichnet.

Besonders wichtig ist dieser Zusammenhang von Sensorgröße und optischer Auflösung des Objektivs auch dann, wenn Sie das Ergebnis online anzeigen (siehe Kapitel 13, »Ausgabe für das Web«) und dabei das Hineinzoomen in das Panorama bis auf 100 % der Originalgröße erlauben wollen. Dann entspricht ein Bildschirmpixel genau einem Pixel Ihrer Originalaufnahmen. Hier ist dann die optische Schärfe Ihres Objektivs in Bezug zum Auflösungsvermögen Ihres Sensors ausschlaggebend, wenn das Panoramabild auch in dieser Ansicht wirklich scharf wirken soll.

## 5.12 Bildbedarf

Sehr große praktische Auswirkung hat das Verhältnis von Sensorgröße und Brennweite auf den Bildbedarf, denn beide bestimmen den Bildwinkel, der zusammen mit der nötigen Überlappung der benachbarten Einzelbilder die mindestens erforderliche Anzahl dieser Einzelbilder für z. B. ein komplettes 360°-Panorama ergibt.



⌘ **Abbildung 5.29**

Der schon sehr lange verfügbare Panoramarechner von Frank van der Pol ([panobu.ch/vanderpol](http://panobu.ch/vanderpol)) bietet Ihnen einfache Berechnungen und ist vor allem für zylindrische Panoramen gedacht.

Ein Rechenbeispiel: Haben Sie ein Objektiv mit 12 mm Brennweite auf einer APS-C-Kamera (z. B. Sony α6000), sind das nominell 18 mm (Cropfaktor 1,5). Dies ergibt bei der üblichen hochformatigen Aufnahme einen horizontalen Bildwinkel von etwa 67°. Wegen der nötigen Überlappung müssen Sie davon ein Drittel abziehen. Bei dann etwa 45° brauchen Sie für 360° insgesamt acht Bilder. Die Überlappung beträgt dann etwa 33 %, liegt also in einem guten Bereich.

Auch hier gibt es, wie bei der Schärfentiefe und der Hyperfokaldistanz, nützliche Helfer im Netz, die das schnell berechenbar machen.

Row	Vertical angle	Horizontal offset	Number of images	Bottom covery (incl. dist. overlap)	Top covery (incl. dist. overlap)	Narrowest horizontal side (in (w) (pov. row limits) (incl. dist. overlap)
-1	-65°	45° (1 x 45°)	8	90,0° / 90,0°	-32,8° / -26,8°	80,2° (19,0°) / 50,9° (36,9°)
1	0°	45° (1 x 45°)	8 (4: 0° to 45°, 270° to 315°)	-30,7° / -38,4°	30,7° / 38,4°	46,4° / 59,5°
2	65°	45° (1 x 45°)	8 (8: 0° to 315°)	32,3° / 24,4°	90,0° / 90,0°	46,2° (49,0°) / 50,9° (64,9°)

Total number of images: 24

FOV equivalent projection preview (drag position with mouse)

⌘ **Abbildung 5.30**

Der HD Panorama Calculator von Dominik Hölzl ([panobu.ch/panocalc-hd](http://panobu.ch/panocalc-hd)) erlaubt Ihnen nicht nur die präzise Berechnung von mehrreihigen bzw. sphärischen Panoramen, sondern zeigt auch die Anordnung der Einzelbilder in einer interaktiven Vorschau.

Für die Abschätzung der Größe Ihres fertigen Panoramas können Sie eine Faustformel verwenden, indem Sie bei hochformatigen Aufnahmen von der Abmessung der kurzen Seite des Sensors in Pixel die prozentuale Überlappung abziehen und das mit der Bildanzahl in horizontaler Richtung multiplizieren. Nehmen Sie eine Sony  $\alpha 6000$  mit einem 24-Megapixel-Sensor ( $6000 \times 4000$  Pixel), brauchen Sie für eine Panoramarunde von  $360^\circ$  zwölf Aufnahmen und haben dabei eine Überlappung von einem Viertel (25%), dann bekommen Sie als Ergebnis  $12 \times 3000 \text{ Pixel} = 36000 \text{ Pixel}$  Breite für Ihr Panoramabild.

### 5.13 Grundlegende Aufnahmebeispiele

Der Theorie der vorangegangenen Abschnitte sollen nun noch einige konkrete Beispiele von Panoramaaufnahmen folgen, bevor wir in den kommenden Kapiteln dieses Buches ins Detail gehen. Dort wird es dann um

die nötige Hardware, alle wichtigen Aufnahmetechniken, die Vorbereitung der Bilder und letztlich die Montage der Bilder zu einem Panorama gehen.

#### Planare Panoramen/Teilpanoramen

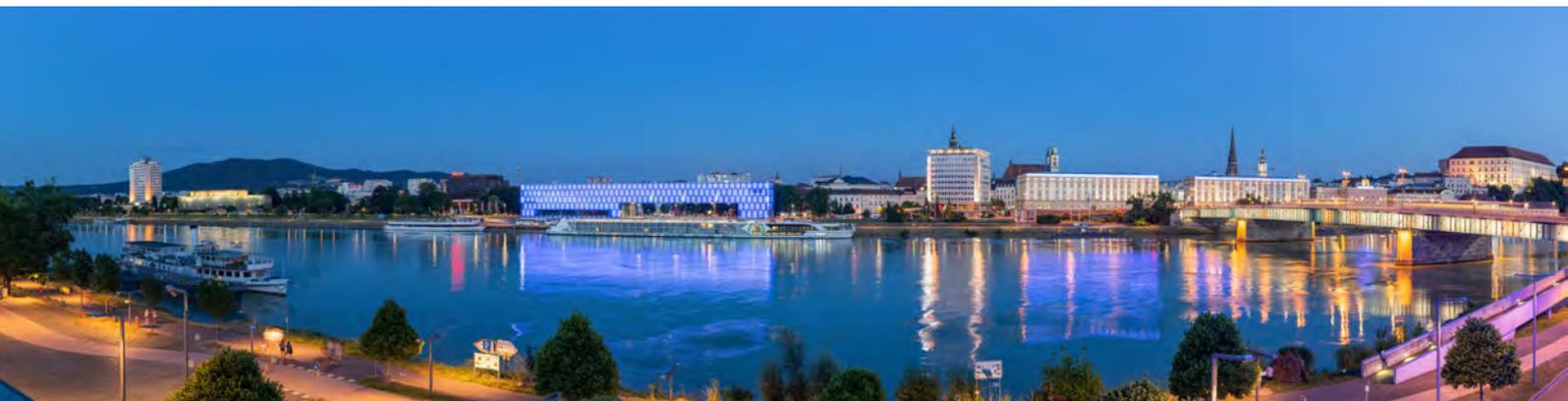
Diese einfachste Form eines Panoramas besteht im Wesentlichen aus einer simplen Erweiterung des Blickwinkels, meist in horizontaler Richtung. Alle, die schon einmal Papierfotos passend aneinandergesetzt haben, haben nichts anderes gemacht. Die einzelnen Bilder werden mit einer gewissen Überlappung aufgenommen und dann so montiert, dass Bildinhalte in diesen Überlappungsbereichen genau übereinander passen.

Bei dem hier gezeigten Beispiel wurden mit freier Hand neun Aufnahmen gemacht und zu einem Teilpanorama oder partiellen Panorama montiert (gestitcht). Diese Anordnung wird gelegentlich auch *Mosaik* genannt. Hier war der Zweck, trotz der Brennweite von 50 mm einen sehr weiten Blickwinkel und ein Bild für einen großformatigen Druck zu realisieren. Die neun Bilder mit je 36 Megapixel ergeben zusammen ein Panorama mit  $26970 \times 6880$  Pi-



⤴ **Abbildung 5.31**  
Teilpanorama: Einzelbilder

⤵ **Abbildung 5.32**  
Fertig bearbeitetes Teilpanorama (Location: Donau in Linz, AT)



xel, das bei der üblichen Auflösung von 300 dpi einen Druck von 228 cm Breite gestattet.

Durch die Wahl der Anzahl der Aufnahmen bzw. der Anzahl der Zeilen und Spalten eines solchen Mosaiks kann man relativ frei bestimmen, welches Endformat man bekommt. Die Beschränkung auf die gängigen Bildformate der Digitalkameras (3:2 und 4:3) fällt weg. Das erlaubt einen großen gestalterischen Freiraum.

Diese Panoramen werden manchmal auch *planare Panoramen* genannt, wenn sie mit längeren Brennweiten gemacht wurden, weil sie oft eine noch recht flache, plane Perspektive haben. Häufig werden die Einzelbilder hierfür mit längeren Brennweiten aufgenommen und erscheinen in der Montage auch relativ wenig verzerrt.

## Zylindrische Panoramen

Zylindrische Panoramen erlauben eine Rundumsicht in einem vollen Kreis, also einen Blickwinkel von 360°. Eine Reihe von Aufnahmen wird von einem Punkt gemacht, um den man die Kamera dreht. Anfangs- und Endbild überlappen sich, damit sich der Bildkreis zu einer kompletten Rundumsicht schließt.

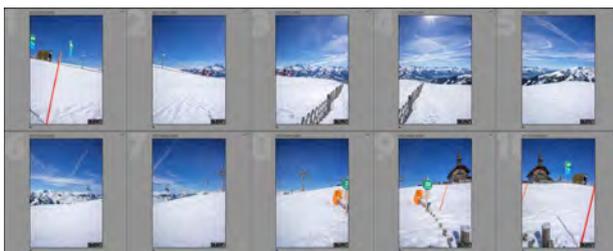
Die durch die notwendige Verzerrung entstandenen Bögen am oberen und unteren Bildrand müssen noch durch einen Beschnitt entfernt werden.

Für zylindrische Panoramen müssen die Einzelbilder kreisförmig angeordnet werden. Damit dabei die Überlappungsbereiche wirklich exakt übereinander passen, ist eine Verzerrung notwendig.



⤴ **Abbildung 5.33**

*Fertiges zylindrisches Panorama mit einem Blickwinkel von 360° (Location: Schmittenhöhe, Zell am See, AT)*



⤴ **Abbildung 5.34**

*Einzelbilder für ein zylindrisches 360°-Panorama*



⤴ **Abbildung 5.35**

*Zylindrisches Panorama mit Einzelbildern:  
Montage zu einem Bildstreifen*



⤴ **Abbildung 5.36**

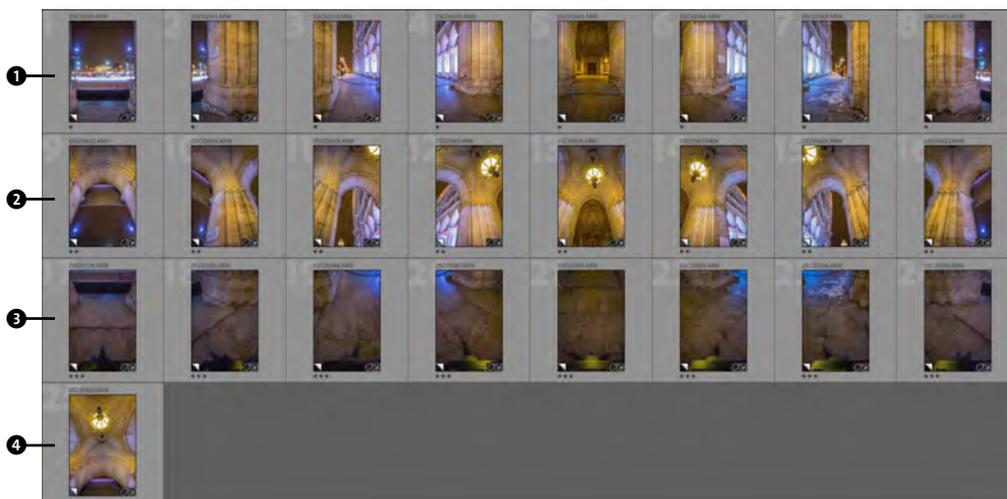
Neben der horizontalen Drehung um 360° wird der Panoramakopf auch auf- und abwärts geneigt, um mehrere Bildreihen aufzunehmen.

### Sphärische und kubische Panoramen

Erweitern Sie den Blickwinkel eines zylindrischen Panoramas in der Vertikalen bis zu vollen  $\pm 90^\circ$ , decken Sie eine Kugel ab, in der die Betrachter alles sehen können, was sich um Sie herum in der Aufnahmesituation befunden hat. Sie bekommen ein sogenanntes *sphärisches Panorama*.

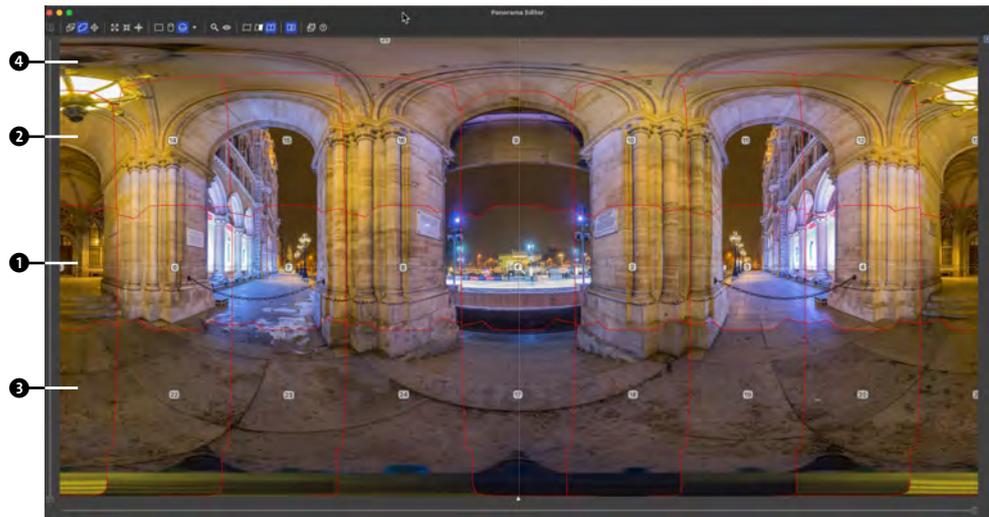
Die Bilderserie, die zur Aufnahme eines solchen Panoramas notwendig ist, ist umfangreicher als beim zylindri-

schen Panorama, das oft nur aus einer Bildreihe besteht. Bei diesem Beispiel umfasst sie neben der Reihe, die mit einem vertikalen Neigungswinkel von  $0^\circ$  aufgenommen ist und einem zylindrischen Panorama entspricht **1**, zwei weitere Reihen, die mit einem Winkel von  $45^\circ$  nach oben **2** und mit  $45^\circ$  nach unten **3** aufgenommen wurden. Ein Bild wurde zusätzlich für den Kopfpunkt der Kugel (Zenit) **4** aufgenommen, um das Panorama oben zu schließen.



⤵ **Abbildung 5.37**

Einzelbildreihen für ein sphärisches Panorama



» **Abbildung 5.38**  
Montage eines sphärischen  
Panoramas beim Stitching

Das Panoramabild stellt eine sogenannte *Kugelabwicklung* dar (Abbildung 5.38), die auch als *equirektangulares Bild* bezeichnet wird. Es hat immer die Proportion 2:1, die dem Winkelverhältnis von  $360:180^\circ$  entspricht. Die räumliche Anordnung des Panoramas auf einer Kugeloberfläche zeigt Abbildung 5.39.

Panoramen von  $360 \times 180^\circ$  lassen sich nicht nur als Kugeln darstellen, sondern auch als Würfel (siehe Abbildung 5.40). Wie Sie später in diesem Buch noch sehen

werden, hat diese Darstellung für manche Zwecke einige technische Vorteile gegenüber einem equirektangularen Bild, das im oberen und unteren Bildbereich, also beim Zenit und beim Nadir der Kugel, extreme Verzerrungen aufweist.

Hierbei wird das Panorama entweder in Kreuzform als Cubic Cross dargestellt oder in Form von sechs Würfelseiten. Die Verzerrungen halten sich bei dieser Ansicht in Grenzen.

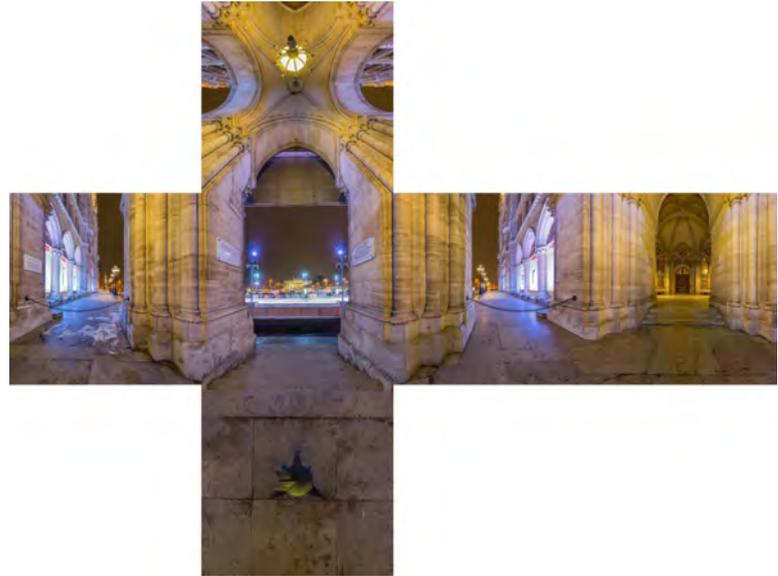


« **Abbildung 5.39**  
Ansicht der Panoramakugel  
von oben (links) und von  
unten (rechts)



⤴ **Abbildung 5.40**

*Sphärisches Panorama als Würfelsicht*



⤴ **Abbildung 5.41**

*Sphärisches Panorama als Cubic Cross*

Diese drei beschriebenen Grundtypen von Panoramen lassen sich nicht immer strikt voneinander abgrenzen. So können planare Panoramen bei einem größeren Blickwinkel durchaus Teile von Kugeloberflächen sein, was eine andere Bildgeometrie zur Folge hat, die oft angenehmer wirkt. Auch planare Panoramen in Form eines Teilzylinders sind möglich. Ebenso wirken zylindrische Panoramen oft optisch glaubhafter, wenn Sie statt eines Zylinders einen Kugelabschnitt verwenden. Diese Wandlung der Perspektiven kann mit einigen der später in diesem Buch vorgestellten Programme durchgeführt werden. Entscheidend ist natürlich der Look des Panoramas, der bei diesen Bearbeitungen entsteht.

## 5.14 Zusammenfassung

Am Schluss dieses Kapitels sollen nochmals die wichtigsten Punkte zusammengefasst werden, die Sie bei der Aufnahme von Bildern für ein Panorama beherzigen soll-

ten. Die doch nicht wenigen fototechnischen Rahmenbedingungen, die für ein gelungenes Panorama wichtig sind, hier als To-do-Liste auf einen Blick:

- manuellen Modus der Kamera einschalten
- alle Automaten abstellen (Autofokus, Blende, Belichtungszeit, Weißabgleich, ISO-Wert)
- beste Blende für die Kamera-Objektiv-Kombination ermitteln
- für diese optimale Blende den besten benötigten Schärfentiefebereich suchen und fest einstellen: bei Innenräumen den nächsten und fernsten Punkt abschätzen, im Freien die Hyperfokaldistanz verwenden
- beste Belichtung mit möglichst wenig oder zumindest kontrolliertem Ausfressen der Lichter wählen
- wenn möglich immer im Raw-Format aufnehmen
- möglichst niedrigen ISO-Wert einstellen
- Bildbedarf für den gewünschten Panoramatyp, den Bildwinkel des beabsichtigten Panoramas und die Kamera-Objektiv-Kombination berechnen
- Überlappung der Einzelbilder zwischen 25 und 33 % sicherstellen



⤴ **Abbildung 5.42**

*Fertiges sphärisches Panorama als equirektangulares Bild  
(Location: Rathaus, Wien, AT)*