

PTGui - Tutorial

© Ernst Pisch

4. März 2025



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Grundbegriffe	5
	Projektionsarten	5
	Rectilinear ('flat')	5
	Cylindrical (for wide angle panoramas)	6
	Equirectangular (for spherical panoramas)	6
	Philosphere – Bastelstunde mit Schere und Klebstoff	7
	Virtual Reality	7
	PTGui Benutzeroberfläche	8
3	Die Aufnahme	9
4	Justage der Kamera am Panorama-Adapter	11
5	Kugelpanorama erstellen mit PTGui	15
	Verwendung von Vorlagen (Templates)	23
	Hilfe! - Manche Bilder sind am falschen Platz!	24
6	Fortgeschrittene Anwendung	26
	Zusammenfügen von Luftbildaufnahmen	26
	Nadir-Bild einfügen	30
	Nachbearbeitung von Nadir und Zenit	33
	Nachbearbeitung von Nadir und Zenit - Alternative Methode	34
	Nachbearbeitung von Nadir und Zenit ab Version V13	36
7	Korrektur von Verzerrungen	38
	Perspektivische Verzerrung	38
	Objektiv-Verzerrung	40
	Perspektivenkorrektur mit Augenmaß	43

Inhaltsverzeichnis

Transformation von Projektionsarten (Objektivkorrektur - noch einmal)	46
8 HDR - Panorama	49

1 Einleitung

Das Wort *Panorama* entspringt dem Griechischen und bedeutet so viel wie *alles sehen*. In Verbindung mit der Fotografie versteht man darunter einen Rundblick bzw. ein breitformatiges Bild.

Ein Panorama lässt sich bereits mit einem einfachen Weitwinkelobjektiv erstellen. Fisheye-Objektive sind sogar in der Lage, einen Bildwinkel von bis zu 180° zu erfassen. Hier sollen aber vor allem Panoramen besprochen werden, welche durch das Zusammensetzen mehrerer Einzelbilder entstehen.

Das Zusammensetzen von Einzelbildern muss nicht immer dazu dienen, einen möglichst großen Betrachtungswinkel zu erreichen. Oft werden Bilder auch aus vielen Einzelphotos zusammengesetzt, um eine höhere Auflösung zu erreichen. Auf diese Art lassen sich Bilder mit Abmessungen von mehreren Metern bei höchster Auflösung erstellen.

PTGui ist eines von vielen verfügbaren Programmen, welche Panoramen erstellen können. Es ist nicht kostenlos, gehört aber zu den besten und wird laufend weiterentwickelt. Es wäre aber schade, PTGui nur zur Erstellung von Panoramen zu verwenden. Die zum Teil sehr komplexen Aufgaben, welche ein gutes Panoramaprogramm zu lösen vermag, helfen auch bei einer Reihe anderer fotografischer Probleme. Es ist mir ein Anliegen, darauf näher einzugehen. Anfänglich verwendete ich PTGui nur, um Panoramen zu erstellen. Mittlerweile starte ich PTGui nicht selten bei Gelegenheiten, welche an sich nichts mit der Erstellung von Panoramen zu tun haben.

PTGui wird für die beiden Betriebssysteme Windows und Mac OS X entwickelt. Zwei Varianten werden angeboten – „PTGui“ und „PTGui Pro“. Die wesentlichsten Vorteile der Professional-Version sind u.a. die Möglichkeit HDR-Bilder zu generieren, das automatisierte Erzeugen von Panoramen im Hintergrund, die Korrektur der Perspektive und die Beeinflussung von Weißabgleich und Vignettierung. Seit Version 9 unterstützt PTGui Pro auch die Maskierung von Bildbereichen, was die Verwendung von externen Bildbearbeitungsprogrammen oft überflüssig macht. Eine detaillierte Auflistung aller Eigenschaften ist auf der [Homepage von PTGui](#) zu finden.

Mit der Version 11 von PTGui hat sich das Aussehen völlig verändert. Es sieht moderner aus und es wurden auch „unter der Motorhaube“ einige Verbesserungen implementiert. Meine erste Fassung dieses Tutorials habe ich noch für ältere Versionen geschrieben. Man kann es unter folgendem Link als PDF-Datei herunterladen: [PTGui Tutorial für ältere Versionen \(bis einschließlich V10\)](#) Manche Abschnitte dieser neuen Fassung habe ich unverändert daraus übernommen.

Empfehlenswert ist die deutschsprachige [Homepage der Panorama Community](#), welche eine Fülle von Informationen rund um die Panorama-Fotografie liefert. Einige der in diesem Dokument genannten Tipps stammen aus diesem Forum. Nicht zuletzt möchte ich auch auf die [Support / FAQ Seite von PTGui](#) hinweisen, die eine Vielzahl an Antworten für häufig auftretende Fragen liefert. Hilfe aus erster Hand erhält man im [PTGui Forum](#) - da allerdings nur in englischer Sprache. Es wurde mir dort ausnahmslos immer rasch, geduldig, höflich und kompetent geholfen - nicht selten vom Entwickler höchstpersönlich.

Version 13 bringt neben anderen Neuerungen eine neue Funktion, welche ich ganz besonders schätze. Retuschearbeiten im Panorama werden nun sehr viel einfacher, als noch auf Seite 33 beschrieben.

2 Grundbegriffe

Projektionsarten

Bei allen fotografischen Aufnahmen werden Objekte, welche sich in einem dreidimensionalen Raum befinden, auf einem zweidimensionalen Medium abgebildet. Solange die Kamera nur relativ kleine Bildwinkel erfasst, gelingt das problemlos. Sollen aber, wie bei Panoramen üblich, sehr große Bildwinkel als flaches Bild dargestellt werden, müssen dieselben Probleme gelöst werden, welche Kartographen bei der Abbildung der kugelförmigen Erdoberflächen auf Landkarten haben. Ein Panorama kann im Maximalfall den gesamten Horizont von 360° in der Horizontalen, sowie den kompletten Raum zwischen Zenit und Nadir¹ umfassen. Während Landkarten die Oberfläche der Erdkugel abbilden, bildet ein Foto die Innenseite einer Kugel ab. Wie soll das 360° -Panorama auf einem flachen Stück Papier oder Monitor dargestellt werden? An welcher Stelle wird geschnitten? Wo wird gezogen und wo gestaucht? Was passiert mit geraden Linien, was mit Flächen?

Es gibt nicht DIE perfekte Methode, den dreidimensionalen Raum auf einer ebenen Fläche kompromisslos abzubilden. Vielmehr existieren eine Reihe von verschiedenen Methoden, „Projektionsarten“ genannt. Je nach Größe des Bildwinkels bzw. Verwendungszweck eignen sich unterschiedliche Projektionsarten.

PTGui kennt mehrere Projektionsarten. Einige davon möchte ich hier vorstellen.

Rectilinear ('flat')

Kameraobjektive (ausgenommen Fisheye-Objektive) sind so konstruiert, dass gerade Linien auch am Foto gerade dargestellt werden.

¹Nadir ist der dem Zenit gegenüberliegende Punkt. Also jener Punkt, auf dem wir beim Blick in den Himmel mit unseren Beinen stehen.



Abbildung 2.1: Rektilinear Projektion

Sowohl senkrechte, als auch waagrechte Geraden sind im gezeigten Bild exakt gerade abgebildet. Das entspricht der menschlichen Wahrnehmung. Dinge, welche für uns bekanntlich gerade sind (z.B. der Horizont des Meeres, ein Kirchturm oder ein Sonnenstrahl, der durch ein Wolkenloch scheint), empfinden wir als sehr sonderbar, wenn sie gekrümmt abgebildet sind. Diese Projektionsart ist deshalb die am meisten verbreitete.

Das in Abbildung 2.1 gezeigte Bild wurde aus drei, im Portrait-Format aufgenommenen Einzelfotos zusammengesetzt. Der Bildwinkel beträgt 83° in horizontaler Richtung

2 Grundbegriffe



Abbildung 2.2: Rektileare Projektion - Verzerrung bei großem Bildwinkel

bzw. 70° in der Vertikalen. Erst bei genauem Hinsehen erahnt man, dass hier ein so großer Blickwinkel zum Einsatz kam.

Sehen wir uns aber jetzt das Foto in Abbildung 2.2 an, welches ebenfalls mit der rektilearen Projektion dargestellt wird.

Bei diesem Bildausschnitt ist ein horizontaler Bildwinkel von 105° zu sehen. Es ist eine starke Verzerrung in der Nähe der Bildränder links und rechts erkennbar. Die untere Hälfte des Bildes ist nur deshalb nicht so stark betroffen, weil ich einen großen Bereich abgeschnitten habe. Was an diesem Beispiel deutlich feststellbar ist – für sehr große Bildwinkel ist diese Projektionsart nicht geeignet. Alle Bildelemente an den Rändern werden stark gestreckt. Für Bildwinkel von mehr als etwa 120° ist diese Projektionsart völlig ungeeignet.



Abbildung 2.3: Zylindrische Projektion

Cylindrical (for wide angle panoramas)

Abbildung 2.3 zeigt ein 360° -Panorama. Der vertikale Bildwinkel beträgt hier knapp 85° . Die zylindrische Projektion belässt senkrechte Geraden in ihrer gewohnten Form. Alle anderen Geraden werden aber mehr oder weniger stark gekrümmt.

Die zylindrische ist ebenso wie die rektileare Projektion für den Druck auf Papier geeignet, solange der vertikale Winkel nicht zu groß wird. Bei großen vertikalen Winkeln ereilt uns dasselbe Schicksal wie zuvor bei der rektilearen Projektion. Alle Objekte nahe des oberen und unteren Randes werden stark gestreckt.

Equirectangular (for spherical panoramas)

Nun soll ein Kugelpanorama (Abbildung 2.4) auf einem flachen Stück Papier abgebildet werden. Eine der möglichen Projektionstypen dafür ist die sogenannte Äquirektangulärprojektion.

Das an sich kugelförmige Gebilde wurde in ein Rechteck gezerrt. Die Baumwipfel werden in die Breite gezogen und in der Höhe gestaucht. Am unteren Rand ist der kreisrunde Montagekopf des Stativs in ein langgezogenes, schmales Rechteck verwandelt worden.

Eine für uns Menschen ansprechende Darstellung eines kompletten Kugelpanoramas auf einer ebenen Fläche ist nicht möglich. Erst wenn wir es oben und unten beschneiden, sieht es wieder normal aus. Damit ist es aber wiederum kein vollständiges Kugelpanorama mehr.



Abbildung 2.4: Äquirektanguläre Projektion

Wer Panoramen nur für den Druck in Büchern, Prospekten oder Postkarten erstellen möchte, wird sich also kaum mit Kugelpanoramen beschäftigen müssen.

Philosphere – Bastelstunde mit Schere und Klebstoff

Kugelpanoramen erfordern mehr Aufwand für eine „menschengerechte“ Präsentation. Ausgedruckt kommt ein solches Panorama nur zur Geltung, wenn einzelne Teilstücke wieder räumlich angeordnet werden. Das kann zum Beispiel ein Würfel sein oder ein sogenannter *Philosphere*. Ein *Philosphere* ist ein geometrischer Körper, welcher aus Quadraten und Dreiecken besteht. PTGui erzeugt auf Wunsch eine *Philosphere*-Bilddatei. Dieses Bild wird ausgedruckt, ausgeschnitten und zusammengeklebt.

Das Zusammenkleben eines *Philospheres* erfordert etwas Fingerfertigkeit. Wirklich beeindruckend sieht das Ergebnis erst ab einer gewissen Größe wie z.B. einem Druck auf DIN A3-Format aus.

Eine komisch anmutende Projektionsart nennt sich „Little Planet“. Dabei wird die Erdoberfläche als Kreis in der Mitte und der Himmel außen herum dargestellt. Die

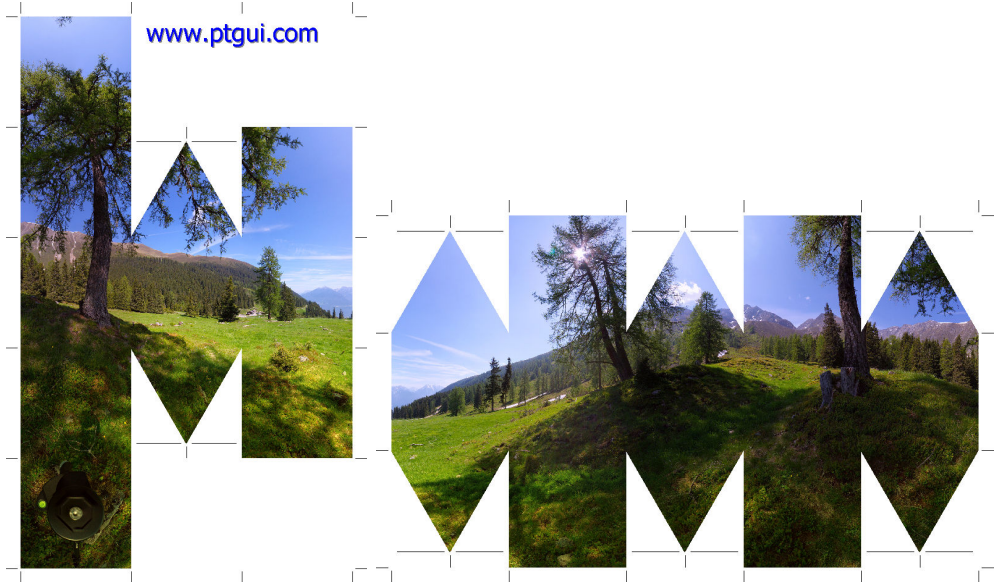


Abbildung 2.5: Philosphere

letzten 60° bis zum Zenit werden beschnitten. Nicht zu oft eingesetzt, kann das ein Blickfänger sein.

Virtual Reality

Im PTGui-Menü *Tools* existieren die beiden Einträge *Publish to Website* (seit Version 9) und *Convert to Cube faces / QTVR* Damit lassen sich Videos aus equirektangularen Kugelpanoramen erzeugen. Dies ist eine sehr gute Methode, Kugelpanoramen mittels Computer zu präsentieren. Mit Hilfe der Maus kann man sich interaktiv im kugelförmigen Raum „umsehen“. Da bei dieser Darstellungsart jeweils nur ein kleiner Ausschnitt des gesamten Raumes zu sehen ist, fallen Verzerrungen und gebogene Geraden nicht auf, wie das beim Druck z.B. der Fall ist.

Diese Darstellungsmethode ist sehr beliebt auf Internetseiten. Wer sich damit ernsthaft befassen möchte oder muss, sollte sich jedoch ein dafür spezialisiertes Programm² anschaffen. Solche Programme ermöglichen dem Betrachter einen „virtuellen Besuch“

²Ein Beispiel derartiger Software ist *Pano2VR*.

2 Grundbegriffe



Abbildung 2.6: Little Planet

des abgebildeten Ortes. Einzelne Panoramen lassen sich „verlinken“, sodass der Besucher sich z.B. von einem Raum zum nächsten Saal weiterklicken kann.

Einige meiner Panoramen und virtuellen Rundgänge können unter folgender Internet-Adresse betrachtet werden: [Chronik Inzing - Dorfansichten und Panoramen](#)

PTGui Benutzeroberfläche

PTGui erlaubt inzwischen, die Sprache der Benutzeroberfläche zu wählen. Früher stand nur eine englische Oberfläche zur Verfügung, weshalb ich in meinem Tutorial für ältere Versionen noch ein eigenes Kapitel der Bedeutung der englischen Begriffe gewidmet hatte. Wer daran interessiert ist, kann sich dazu das [PTGui Tutorial für ältere Versionen \(bis einschließlich V10\)](#) herunterladen.

Da diverse Foren und Anleitungen im Internet bis auf Ausnahmen immer nur in englischer Sprache verfügbar sind, habe ich mir angewöhnt, die Benutzeroberfläche meiner

3 Die Aufnahme

Das Erstellen eines Panoramas beginnt bereits bei der Aufnahme. Viele Probleme treten erst gar nicht auf, wenn man einige Ratschläge befolgt.

Überlappung – Damit die Einzelaufnahmen gut zusammengefügt werden können, müssen sie sich ausreichend überlappen. Es sollten wenigstens 20% Überlappung vorhanden sein - besser noch 25 bis 30%. Befindet sich am Stativ eine Gradskala, so kann man für eine bestimmte Brennweite einmalig einen passenden Winkel ermitteln und in Zukunft immer damit arbeiten. Wird freihändig fotografiert oder existiert keine Gradskala am Stativ, helfen meist Markierungen im Sucher, um die Kamera immer um denselben Winkel zu schwenken.

Fokus – Motive für Panoramen sind oft Landschaften, sodass der Fokus üblicherweise auf Unendlich steht¹. Das muss natürlich nicht immer so sein. Keinesfalls jedoch sollte die Fokuseinstellung während der Aufnahmeserie verändert werden, da dies Einfluss auf die Abbildungsgröße hätte. Deshalb sollte Autofokus deaktiviert und manuell fokussiert werden.

Belichtung – Damit im Panorama keine unschönen Helligkeitsstufen auftreten, muss die Belichtung auf allen Teilbildern gleich bleiben. Die manuelle Einstellung ist deshalb auch für die Belichtung wärmstens zu empfehlen. Da insbesondere bei Kugelpanoramen oft extreme Helligkeitsunterschiede auftreten, ist die korrekte Belichtung eine wahre Herausforderung. Meist endet die Wahl der Belichtung mit einem Kompromiss, bei dem gewisse Bildteile über- und andere unterbelichtet werden. Möchte man trotz hohem Kontrast nicht auf Details in allen Bildteilen verzichten, heißt die Lösung *HDR* („High Dynamic Range“). Es muss dafür von jedem Teilbild eine Belichtungsreihe aufgenommen werden. PTGui Pro ist in der Lage, diese zu einem HDR-Panorama zu verarbeiten. Nicht zu vernachlässigen ist jedoch der geradezu explodierende Speicher-

¹Am idealsten ist die Einstellung der sogenannten Hyperfokaldistanz. Das ist jene Fokuseinstellung, bei der (unendlich) ferne Objekte sich gerade noch innerhalb des Schärfentiefebereiches befinden. Manche Objektive (leider immer weniger) haben dafür Markierungen. Es gibt im Internet jedoch zahlreiche Tabellen oder Rechner, womit die exakte Einstellung erleichtert wird. Wikipedia nennt dafür z.B. folgende Web-Adressen: <http://www.dofmaster.com/dofjs.html> oder <http://www.erik-krause.de/schaerfe.htm>

bedarf. Zudem verkompliziert sich jede Korrektur. Mehr zu HDR-Panoramen ist ab Seite 49 zu finden.

Weißabgleich – Der automatische Weißabgleich der Kamera kann zu Farbverschiebungen zwischen den einzelnen Aufnahmen eines Panoramas führen. Eine fixe, manuelle Einstellung verhindert das. Werden die Fotos im RAW-Format aufgenommen, besteht die Möglichkeit, die Farbtemperatur hinterher nach Belieben festzulegen. Man darf jedoch nicht vergessen, dieselbe Farbtemperatur für alle Teilbilder gleich zu setzen.

Parallaxenfehler – Steht vor Ihnen am Tisch eine Flasche und Sie drehen den Kopf von links nach rechts, so werden Sie feststellen, dass sich der Flaschenhals vor dem Hintergrund verschiebt. Dieses Phänomen trägt den Namen *Parallaxenfehler*. Dasselbe passiert, wenn die Kamera geschwenkt wird. Damit unterscheiden sich jedoch die Bildinhalte in den überlappenden Bereichen, was zu großen Problemen beim Zusammenfügen (*Stitchen*) führt. Der Parallaxenfehler ist umso größer, je näher sich ein Objekt vor der Kamera befindet. Liegen alle Bildelemente in der Ferne, muss keine Rücksicht darauf genommen werden. Oft sind es aber gerade in der Tiefe gestaffelte Objekte, welche ein Panorama besonders interessant aussehen lassen.

Die gute Nachricht: für jedes Objektiv² existiert ein bestimmter Drehpunkt, bei dem kein solcher Parallaxenfehler auftritt. Wird die Kamera direkt auf ein Stativ geschraubt, stimmt der Drehpunkt jedoch nie mit diesem Punkt überein. Mit Hilfe sogenannter **Nodalpunktadapter** oder **Panoramaköpfe** können Parallaxenfehler beseitigt werden. Kapitel 4 widmet sich speziell diesem Thema.

Horizontale Haltung – Die Kamera sollte während der Aufnahme aller Teilbilder exakt horizontal ausgerichtet werden. Anderenfalls erhält man kein gerades Panorama und man ist gezwungen, größere Teile des Bildes zu beschneiden. Auch bei Verwendung eines Stativs kann es passieren, dass das 360°-Panorama wie auf einer Welle

²Das ist nicht ganz korrekt. Für Fisheye-Objektive gilt das nicht exakt. Der sogenannte „No Parallax Point“ von Fisheye Objektiven verschiebt sich während des Schwenkens ein wenig. Vorteilhaft wäre demnach das Einmessen des Punktes für genau jenen Winkel, den man bei den Aufnahmen auch immer verwendet.

3 Die Aufnahme

schwimmend aussieht, wenn der Panorama-Adapter nicht exakt horizontal ausgerichtet wurde. Panorama-Adapter besitzen in der Regel eine Wasserwaage, welche die korrekte Einstellung ermöglicht.

Bei Kugelpanoramen lässt sich eine schiefe Kamerahalterung auch später noch korrigieren, bedeutet aber einen größeren Aufwand.

Bewegliche Objekte – Trotz perfekter technischer Ausstattung und Beseitigung aller bisher genannten Fehlerquellen gibt es Situationen, welche ein fehlerfreies Panorama verhindern können. Dazu zählen Objekte, die sich während der Aufnahmeserie bewegen. Das können dahinziehende Wolken, fahrende Autos, sich im Wind bewegende Äste und Blätter oder Personen sein. Selbst die relativ langsame Bewegung der Sonne kann Schatten so verändern, dass sie bei der Überlagerung der Teilbilder nicht mehr zusammenpassen - das kann vor allem dann passieren, wenn zeitaufwändigere Belichtungsreihen für ein HDR-Panorama erstellt werden.

Je mehr Aufnahmen für ein Panorama erforderlich sind, desto mehr mögliche Fehlerquellen existieren. Gute Vorbereitung und Konzentration ermöglichen zügiges Fotografieren mit möglichst kurzen Pausen zwischen den Aufnahmen. Eine Checkliste soll dabei helfen, nichts zu vergessen:

- manueller Fokus
- manuelle Belichtungseinstellung – Wo befinden sich hellste und dunkelste Bildteile? Sind Belichtungsreihen für HDR erforderlich?
- fixer Weißabgleich
- Ist der Panoramaadapter korrekt für die verwendete Objektiv- und Kamera-Kombination justiert?
- Kenne ich die Winkel, um welche ich die Kamera schrittweise drehen bzw. nach oben und unten schwenken muss, um ausreichend Überlappung zu gewährleisten?
- Ist die Kamera bzw. der Panoramaadapter exakt horizontal ausgerichtet?
- Ist der Fernauslöser montiert?
- Kann ich den direkten Blick in die Sonne vermeiden?³

³Der Blick in die Sonne ist kein K.O.-Kriterium für ein Panorama. Bei Kugelpanoramen und schönem Wetter lässt sich das häufig gar nicht vermeiden. Das Vermeiden von allzu großen Helligkeitskontrasten erleichtert jedoch die Wahl der Belichtung.

Falls die Sonne Teil der Aufnahme sein soll oder muss, ist es ratsam, diese in der Bildmitte zu positionieren. So können Linsenreflexionen (Lens Flares) später besser retuschiert werden.

- Ist während der Aufnahmeserie mit einer massiven Belichtungsänderung (z.B. schattenbildende Wolken) zu rechnen?
- Wo befinden sich bewegliche Objekte? Kann ich diese möglichst zentral auf einer einzelnen Aufnahme unterbringen?
- Wo können Kamera und Objektiv beim Weiterschwenken angefasst werden, ohne Fokus, Brennweite oder sonstige Einstellungen zu verändern?
- Ist der Kamerariemen so angebracht, dass er nicht vor dem Objektiv hängt? Ein Gummi- oder Klettverschluss-Band kann dabei hilfreich sein.
- Habe ich genügend Bewegungsraum, damit ich nicht selbst oder mein Schatten im Bild erscheint?
- Muss ich auf den Boden achten, dass ich durch meine Tritte keine Veränderungen (Fußabdrücke im Sand, Bewegung markanter Steine oder Äste, . . .) herbeiführe?
- Benötige ich ein Nadirbild für ein Kugelpanorama? -> Bereitet der aktuelle Standort besondere Probleme bei der Aufnahme des Nadirbildes?
- Bei der Aufnahme des Nadirbildes wird u.U. nicht nur der Bereich, an dem das Stativ stand, benötigt, sondern auch jener, wo der Schatten des Stativs hinfiel.

4 Justage der Kamera am Panorama-Adapter

Damit bei der Aufnahme der Einzelbilder keine Verschiebungen zwischen Vorder- und Hintergrund entstehen, muss die Kamera um den sogenannten „No-Parallax-Point“ gedreht werden. Dieser sitzt meist irgendwo im Bereich der Frontlinse des Objektivs. Setzt man die Kamera mittels Stativgewinde wie gewohnt auf ein Stativ, befindet sich der Drehpunkt viel zu weit hinter dem „No-Parallax-Point“ und es entstehen Parallaxen-Fehler.

Es gibt am Markt vielerlei Panoramaköpfe, die dieses Problem beheben. Da der No-Parallax-Point je nach Kamera und Objektiv an unterschiedlicher Stelle sitzt, ist es nötig, die Einstellungen dem jeweils gerade verwendeten Equipment anzupassen. Einzelne Hersteller liefern exakt vorjustierte Panoramaköpfe, die dann aber auch nur für genau diese eine Kombination von Kamera- und Objektiv-Type passt.

Die Methode der Einstellung gilt im Prinzip für alle Panoramaköpfe. Ich verwende seit Jahren den „Nodal Ninja 3“ und beschreibe die Vorgangsweise deshalb hiermit.

Abbildung 4.1 zeigt den von mir verwendeten Adapter zusammen mit dem Rotator, der das Drehen um exakte Winkel ermöglicht. Am Adapter selbst existieren 3 Justage-Möglichkeiten. Zwei davon sind in dieser Abbildung mit farbigen Pfeilen markiert (die Dritte wird im Zusammenhang mit Abbildung 4.3 besprochen). Der rote Pfeil ermöglicht das Verschieben der optischen Achse des Objektivs (also die gedachte Linie, welche exakt durch die Mitte aller Linsen des Objektivs führt), damit diese die Drehachse des Rotators kreuzt bzw. bei exakt nach unten gerichteter Kamera identisch mit ihr ist.¹ Die „blaue“ Justage positioniert den No-Parallax-Point des Objektivs exakt über die Drehachse des Rotators.

Die Einstellung dieser beiden Positionen wird im Internet an vielen Stellen sehr gut beschrieben (auch in Videos). Was aber meist fehlt, ist die korrekte Montage der

¹Leider gibt es vereinzelt Objektive, deren optische Achse NICHT exakt durch die Mitte des Objektivs führt. Ich führe das auf Fertigungstoleranzen oder gar auf Fertigungsfehler zurück. Sollte es einem also trotz aller Bemühungen nicht gelingen, den No-Parallax-Point zu finden, dann muss man auch an diese mögliche Fehlerquelle denken. Eine Kontrolle auf Parallaxenfehler muss deshalb immer in beiden Drehrichtungen durchgeführt werden.

Schnellwechselplatte am Kameraboden und am Adapter. Diese Einstellung wird meiner Erfahrung nach häufig übersehen, ist aber ebenso wichtig wie die beiden anderen Justagen. Man findet in den diversen Foren häufig Diskussionen bzgl. Parallaxenfehler obwohl der No-Parallax-Point exakt eingestellt sei. Sobald die Kamera ein wenig nach oben oder unten geschwenkt wird, stimmt diese Einstellung aber nicht mehr, falls die Montageplatte nicht korrekt justiert wurde.

Für Panoramaaufnahmen, welche Objekte im Nahbereich abbilden (wie z.B. bei Innenaufnahmen), können sich bereits Einstellfehler im Millimeterbereich negativ auswirken. Da die Schnellwechselplatte, welche man auf die Kamera schraubt, meist etwas Spiel hat, müsste man alle weiteren Einstellungen wiederholen, sobald man die Platte wieder neu montiert. Ich belasse die Platte deshalb immer auf meiner Kamera und erspare mir somit viel Zeit für die Justage. Meiner Zweitkamera und dem Teleobjektiv habe ich jeweils eine eigene Schnellwechselplatte spendiert, die ich somit ebenfalls fix montiert lassen kann.

Beim Montieren der Platte auf die Kamera (siehe Abbildung 4.2) ist darauf zu achten, dass sie exakt parallel zur Objektiv-Auflagefläche (gelbe Linie in der Abbildung) ausgerichtet ist.

Abbildung 4.3 zeigt, wie die Schnellwechselplatte am Panorama-Adapter befestigt ist. Wichtig ist, dass die Mitte der Schraube (welche die Platte mit der Kamera verbindet) exakt mittig am Adapter positioniert ist (gelbe Linie). Auf meinem Adapter befindet sich ein Anschlagwinkel (roter Pfeil), der mittels Schraube auf der Unterseite verschoben werden kann. Diese Einstellung nehme ich ein einziges Mal vor. Bei Verwendung eines anderen Objektivs muss diese Justage nicht neu gemacht werden - die Objektivmitte sollte ja für alle Objektive gleich sein (außer, man hat eines dieser Objektive, deren optische Achse nicht genau durch die Mitte geht). ACHTUNG! Es gibt auch Schnellwechselplatten mit Langlöchern, was diese Justage erschweren kann.

Nun wird die Kamera am Panorama-Adapter befestigt und so ausgerichtet, dass die Kamera nach unten schaut (zur Mitte des Rotators). Abbildung 4.4 zeigt diese Position.

4 Justage der Kamera am Panorama-Adapter

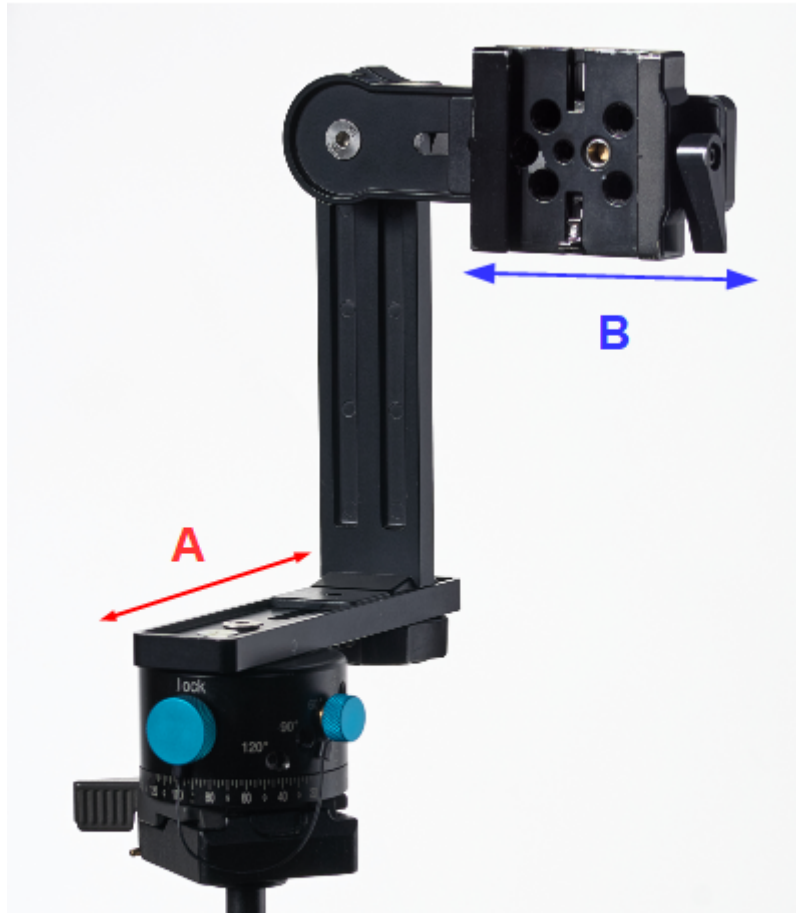


Abbildung 4.1: Panorama-Adapter „Nodal Ninja 3“

Mein Adapter ist mit dem Rotator mittels einer schön sichtbaren Schraube befestigt (roter Pfeil in der Abbildung). Diese Schraube muss sich beim Blick durch den Sucher



Abbildung 4.2: Schnellwechselplatte an Kamera

exakt in der Mitte des Bildes befinden (blauer Pfeil). Am besten verwendet man dazu, falls vorhanden, die Lupenfunktion am Display. Der rote Doppelpfeil mit der Beschriftung „A“ in Abbildung 4.1 zeigt, auf welcher Schiene justiert werden muss, falls die Schraubenmitte nicht mit der Bildmitte übereinstimmt.

Zuletzt erfolgt die Justage, welche im Internet sehr häufig beschrieben wird - das Finden des „No-Parallax-Point“. Dazu sucht man sich ein Objekt, welches im Vordergrund eine deutliche, senkrechte Kante zeigt und sich ungefähr auf gleicher Linie wie ein weit entferntes Objekt befindet.

In meinem Fall (siehe Abbildung 4.5) habe ich den Fensterrahmen mit dahinter stehendem Strommasten gewählt. Ich positioniere nun die Kamera so, dass der Fensterrahmen die Hälfte des Strommastens zudeckt (siehe Abbildung 4.6). Den Fokus setze ich manuell so, dass sowohl Vorder- als auch Hintergrund akzeptabel erkennbar sind.

Nun schwenkt man die Kamera einmal weit nach rechts und beobachtet, ob sich der Fensterrahmen im Vergleich zum Strommasten im Hintergrund verschiebt. Sehr hilfreich ist dabei, wenn die Kamera eine Lupenfunktion besitzt, weil solche Details

4 Justage der Kamera am Panorama-Adapter

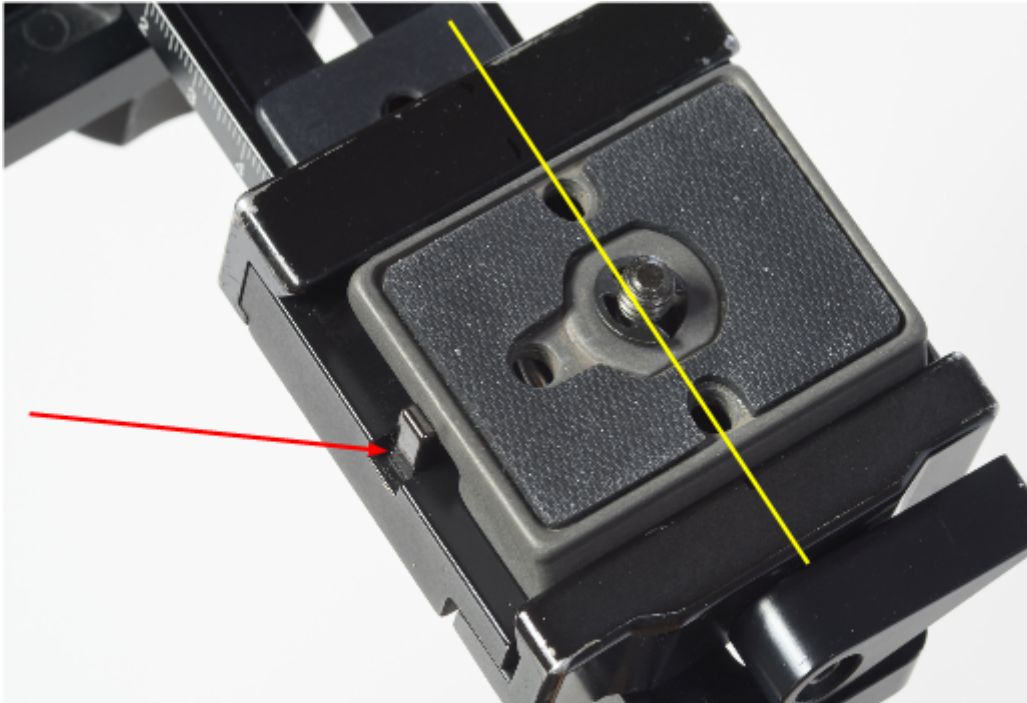


Abbildung 4.3: Kameramontage am Adapter

u.U. mit Extrem-Weitwinkelobjektiven sonst nur schwer erkennbar sind. Abbildung 4.7 zeigt einen deutlichen Fehler.

Ich habe die Kamera von oben betrachtet im Uhrzeigersinn gedreht. Das Objektiv an der Kamera hat sich also nach rechts bewegt und das Kameragehäuse nach links. Da sich der Vordergrund im Vergleich zum Hintergrund nach links verschoben hat, sitzt mein Objektiv also zu weit vorne. Ich muss die Kamera (in Abbildung 4.1 durch den blauen Pfeil B markiert) also ein kleines Stück nach hinten verschieben. Das Schwenken, Beobachten und Verschieben wiederhole ich so lange, bis sich auch beim extremen Schwenken der Kamera keine Verschiebungen mehr feststellen lassen. Ich fixiere alle Schrauben am Panorama-Adapter und notiere mir die eingestellten Werte der Adapter-Skalen.



Abbildung 4.4: Objektivmitte positionieren

4 Justage der Kamera am Panorama-Adapter



Abbildung 4.5: Motivsuche für Justage des No-Parallax-Point



Abbildung 4.6: Kamera in Ausgangsstellung

Wurden diese Einstellungen exakt durchgeführt, ist man bestens gerüstet für das Erstellen qualitativ hochwertiger Panoramen ohne sich mit aufwändigen Retuschearbeiten plagen zu müssen.

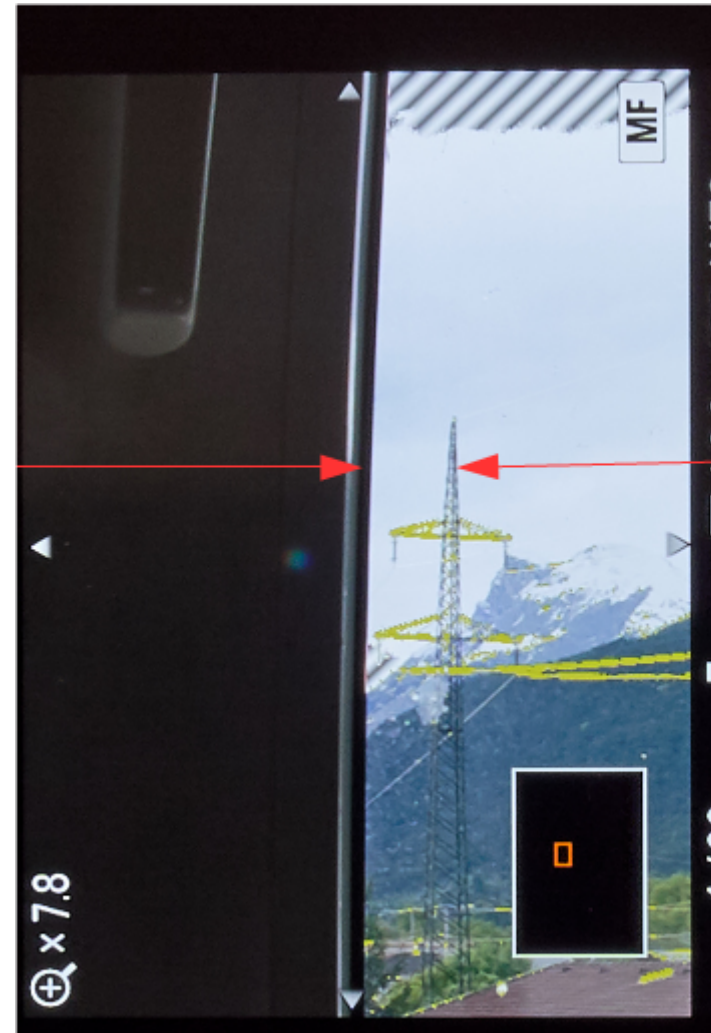


Abbildung 4.7: Parallaxenfehler

5 Kugelpanorama erstellen mit PTGui

Selbst das Erstellen eines kompletten Kugelpanoramas ist unter guten Voraussetzungen mit wenigen Mausklicks möglich.

Gute Voraussetzungen sind:

- Korrekt justierter Panorama-Adapter
- Stabiles Stativ auf festem Untergrund
- Keine bewegten Objekte im Bild
- Keine wechselnden Lichtverhältnisse
- Ausreichend vorhandene Überlappung der Einzelbilder
- Über das gesamte Bild ausreichend vorhandene Strukturen, welche ein exaktes Überlagern der Einzelbilder ermöglichen
- Ein möglichst flacher Untergrund an der Stelle, wo das Stativ steht
- Keine Schatten von Stativ und Fotograf
- Aufnahme des Nadir-Bildes von möglichst exaktem Aufnahmestandort

Im gezeigten Beispiel waren fast alle dieser Voraussetzungen gegeben. Einzig die Wolken am Himmel bewegten sich rasch aufgrund des Föhn-Sturmes. Da die Wolken aber nur einen relativ geringen Anteil des Bildes in Anspruch nahmen, konnte ich diese in nur zwei Aufnahmen rasch hintereinander unterbringen. Gleiches galt für die Lichtverhältnisse - die rasch ziehenden Wolken haben auch Schatten am Talboden erzeugt, aber zum Aufnahmezeitpunkt waren diese praktisch unverändert.

Die Aufnahme wurde mit einem 12mm Fisheye-Objektiv auf Vollformat-Kamera erstellt. Ich erzeugte 2 Reihen zu je 6 Bildern (60° Drehwinkel) - eine Reihe mit um 45° nach oben geschwenkter Kamera und eine zweite Reihe mit um 45° nach unten geschwenkter Kamera. Zusätzlich erstellte ich je eine Aufnahme mit 90° nach oben und 90° nach unten gerichteter Kamera. (Die beiden Aufnahmen mit 90!° nach oben und 90° nach unten wären nicht zwingend nötig gewesen. Aber vor allem die Aufnahme in Richtung Boden hilft beim manuellen Setzen von Kontrollpunkten, falls

das nötig sein sollte.) Zuletzt nahm ich das Stativ mit Kamera in die Hand, fixierte den Rotator, damit sich die Kamera nicht unerwartet verdreht und knipste noch ein letztes Bild von der Stelle, an der das Stativ vorhin stand. Dabei achtete ich darauf, dass sich die Kamera möglichst exakt an derselben Stelle wie zuvor befand (Position und Abstand vom Boden) und meine Beine möglichst weit von der Bildmitte entfernt waren. Das ergibt somit $6 + 6 + 2 + 1 = 15$ Bilder mit ausreichend Überlappung. Für alle Aufnahmen war die Kamera auf manuelle Belichtung (Zeit, Blende und ISO auf fixen Werten) und manuellem Fokus eingestellt. Da ich RAW-Bilder aufnehme, musste ich den Weißabgleich nicht schon bei der Aufnahme auf einen fixen Wert setzen. Den Weißabgleich habe ich erst später im RAW-Konverter für alle Einzelbilder auf denselben Wert eingestellt.

Wichtig ist, dass alle Aufnahmen exakt gleich bearbeitet werden - gleiche Helligkeit, gleiche Gradationskurve, gleicher Weißabgleich etc. Daraus erstelle ich TIFF-Dateien. Beim allerersten Starten von PTGui erscheint die vereinfachte *Simple* Darstellung - siehe Abbildung 5.1. Sofern Sie nur Landschafts-Panoramen aus einer sehr geringen Anzahl von Bildern erstellen wollen, mag sein, dass diese Einstellung ausreichend ist. Da ich aber Panoramen mit sehr großem Blickfeld bis hin zu Kugelpanoramen erstellen möchte, ist das Umschalten in den *Advanced* Modus zwingend nötig.

Sobald der Advanced Modus aktiviert wurde, sieht die Oberfläche wie in Abbildung 5.2 aus.

Mittels Drag & Drop ziehe ich alle 15 Bilder auf die Oberfläche von PTGui (oder ich lade die Bilder mittels „Load Images ...“. Enthalten die Bilder EXIF-Daten (Kameratype, Belichtungszeit, Blende, ISO-Wert, Brennweite des Objektivs,...) so werden diese auch gleich in einer Bilderleiste, wie in Abbildung 5.3 zu sehen, gelistet. Fehlen diese Daten, so müssen sie manuell eingetragen werden - siehe Abbildung 5.4. Um die Eingabe zu erleichtern, existieren schon einige Auswahlmöglichkeiten unter *Choose Preset*. Sollte gar keine der gelisteten Möglichkeiten passen, so kann man die Daten im Internet recherchieren (Technisches Datenblatt der Kamera) und händisch eintragen.

5 Kugelpanorama erstellen mit PTGui

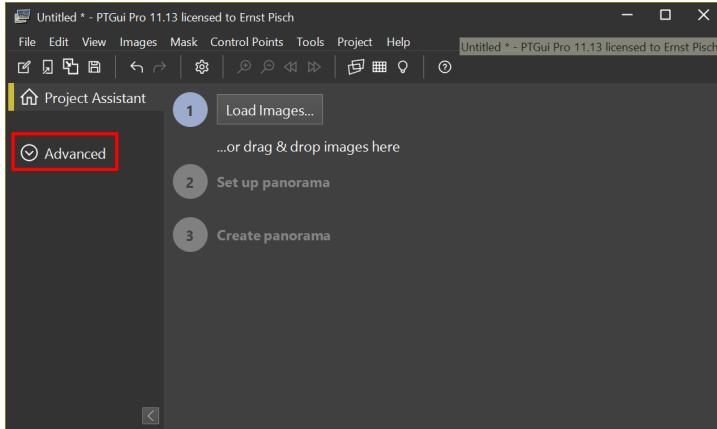


Abbildung 5.1: PTGui - Simple

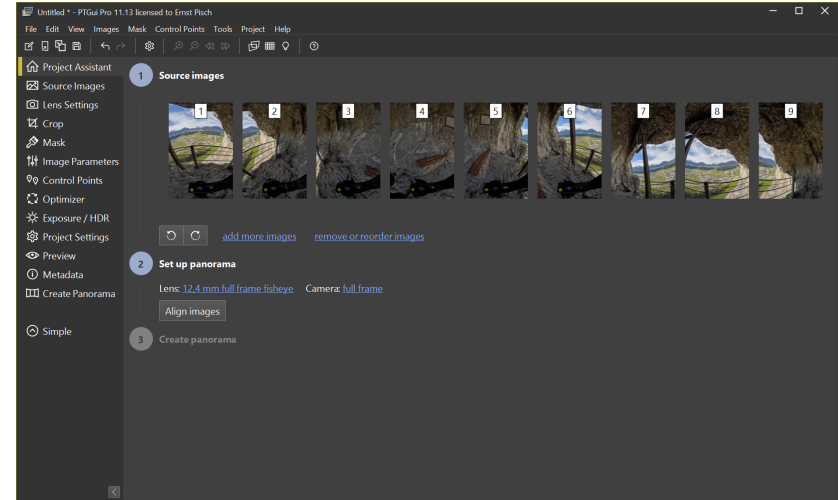


Abbildung 5.3: Laden der Einzelbilder

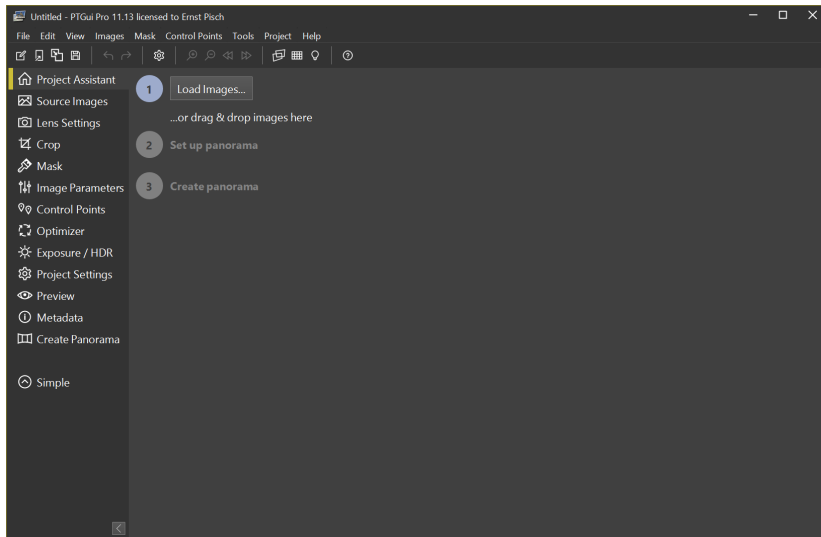


Abbildung 5.2: PTGui - Advanced

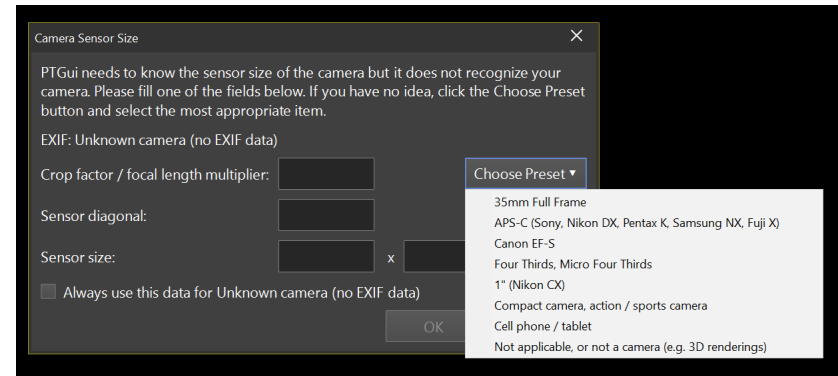


Abbildung 5.4: Fehlende EXIF-Daten bei Import der Bilder

Nachdem PTGui die Sensordaten der Kamera kennt, wird auch noch die Brennweite des Objektivs benötigt¹ - siehe Abbildung 5.5. PTGui kennt seit Version 11 bereits

¹Es existieren am Markt Objektiv, welche sich hervorragend für die Panorama-Fotografie eignen,

Daten für häufig in der Panorama-Fotografie verwendete Objektiv. Diese können mittels *Choose Preset* ausgewählt werden. Man hat auch die Möglichkeit, Daten der

welche aber keine Daten an die Kamera übertragen. Deshalb fehlen dann diese Werte in den EXIF-Daten. Ich verwende für meine Kugelpanoramen z.B. gerne das Samyang 8mm Fisheye für meine Kamera mit APS-C Sensor und das Samyang 12mm Fisheye für meine Vollformat-Kamera. Diese beiden Objektiv übertragen keine Daten an die Kamera.

5 Kugelpanorama erstellen mit PTGui

eigenen Objektive in einer Datenbank zu speichern und dann über *Load from Lens Database* darauf zuzugreifen. Dazu sollte man möglichst ein vollständiges und fehlerfreies Kugelpanorama erstellt haben und diese Daten dann unter „Lens Settings“ abspeichern - ich komme darauf an späterer Stelle noch einmal zurück.

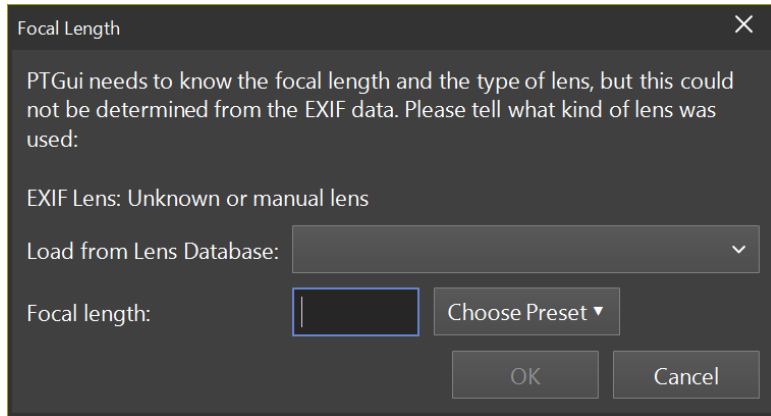


Abbildung 5.5: Brennweite des Objektivs

Hätte man ein Panorama, dessen Einzelbilder keine unerwünschten Objekte (Stativ, Beine des Fotografen etc.) enthalten, so könnte man an dieser Stelle bereits auf *Align images* und anschließend auf *Create panorama* klicken. Dann wäre das Panorama schon fertig.

So einfach ist es in diesem Fall nicht, weil ja vor allem das Stativ im Bild stört und zudem noch Teile des Bodens verdeckt hat. Um diese Stelle auch abzubilden, hatte ich ja noch freihand eine letzte Aufnahme vom „Nadir“² gemacht. Da die Kamera für diese Aufnahme auch bei größter Sorgfalt nicht auf den Millimeter korrekt positioniert werden kann, muss PTGui wissen, dass dieses Bild eine spezielle Behandlung benötigt. Das passiert durch Aktivieren der *Viewpoint Optimization*. Diese Option ist nur in der Pro-Version von PTGui verfügbar. Gesetzt wird die Option durch rechten Mausklick auf das entsprechende Bild und Klick auf *Enable Viewpoint Optimization for this image* - siehe Abbildung 5.6 (man könnte diese Option auch in der Oberfläche des *Optimizer* für das jeweilige Bild setzen).

²*Zenit* ist bekanntlich die Stelle am Himmel, welche sich exakt über unserem Kopf befindet. Als *Nadir* bezeichnet man die Stelle direkt unter uns, also dort wo man steht.

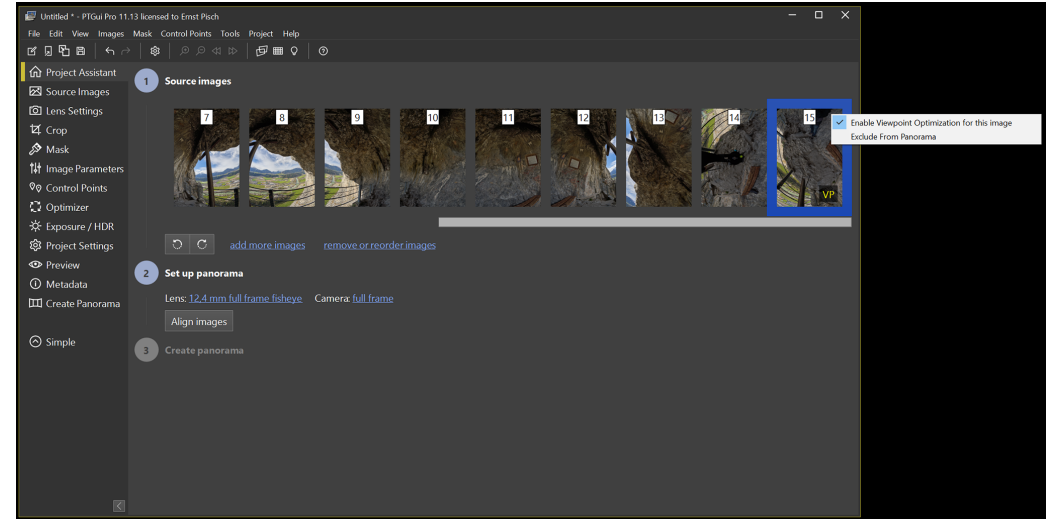


Abbildung 5.6: Viewpoint Optimization

Damit PTGui gar nicht erst versucht, das abgebildete Stativ ins fertige Panorama zu integrieren, möchte ich es jetzt schon ausblenden. Dies geschieht durch *Maskierung* unter *Mask* - siehe Abbildung 5.7. Bereiche, welche nicht sichtbar sein sollen, werden mit dem roten Pinsel übermalt. Unterscheiden sich die Inhalte zweier überlappender Bilder, kann man durch Übermalen mit dem grünen Pinsel die Stellen markieren, welche bevorzugt werden sollen. Hat man sich beim Malen geirrt, kann man mit dem Radierer (blauer Pinsel) löschen. Es gibt auch ein Füllwerkzeug, um eine große, bereits von einem Pinsel umrahmte Fläche rasch zu füllen.

Ein Tipp an dieser Stelle: Man darf dieses Werkzeug nicht vergleichen mit der Maskierung in Photoshop. Während die Masken in Photoshop auf das Pixel genau zur Wirkung kommen, handelt es sich hier eher um ein grobes Werkzeug. Zu genaues Arbeiten an dieser Stelle wird nicht belohnt - ist aber auch nicht erforderlich.

Ich übermale nun alle Bereiche der Bilder, in denen das Stativ oder meine Beine zu sehen sind.

Wer gerne mit einem Tablet (z.B. von Wacom) und Stift anstatt der Maus arbeitet, wird wenig Freude bei der Maskierung haben, wenn er nicht folgende Einstellung unter *Tools -> Options -> General* ändert. Und zwar muss das automatische Positionieren

5 Kugelpanorama erstellen mit PTGui

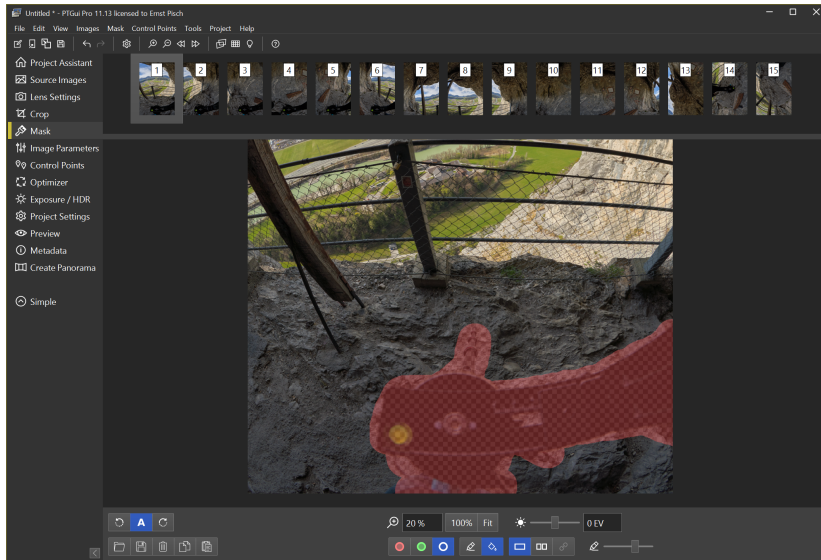


Abbildung 5.7: Maskierung von unerwünschten Stellen

des Mauszeigers deaktiviert werden - siehe Abbildung 5.8. Dann jedoch lässt sich wunderbar mit Stift am Tablet arbeiten.

Sind alle Bereiche fertig maskiert, wechselt man zurück zum *Project Assistant* und klickt auf *Align images*. Nun öffnet man den *Panorama Editor* durch Klick auf das entsprechende Symbol in der Werkzeugleiste, mittels *Tools -> Panorama Editor* oder noch schneller mittels Tastenkombination $\langle \text{Strg} \rangle + \text{E}$ (bei Windows). Es sollte nun ein komplettes Panorama zu sehen sein. Hat PTGui ein vollständiges Kugelpanorama erkannt, wird auch bereits die korrekte Projektionsart (Equirectangular) gesetzt. Handelt es sich um ein Panorama mit geringerem Bildwinkel, so empfehle ich, selbst unter *Projection* eine passende Wahl zu treffen.

Vor allem, wenn der Stativkopf nicht exakt in die Waage justiert wurde, passiert es, dass eigentlich senkrechte Objekte schief dargestellt werden. Dem begegnet man durch Setzen von *Control Points* - siehe Abbildung 5.9.

Control Points dienen vor allem dazu, die Einzelbilder möglichst exakt überlappend auszurichten. Am unteren Ende des Bildschirms kann man verschiedene Typen von Kontrollpunkten wählen. In diesem Fall werden vertikale Linien benötigt, weil wir Kanten, welche derzeit noch schräg sind, in die Senkrechte „zwingen“ wollen. Zum

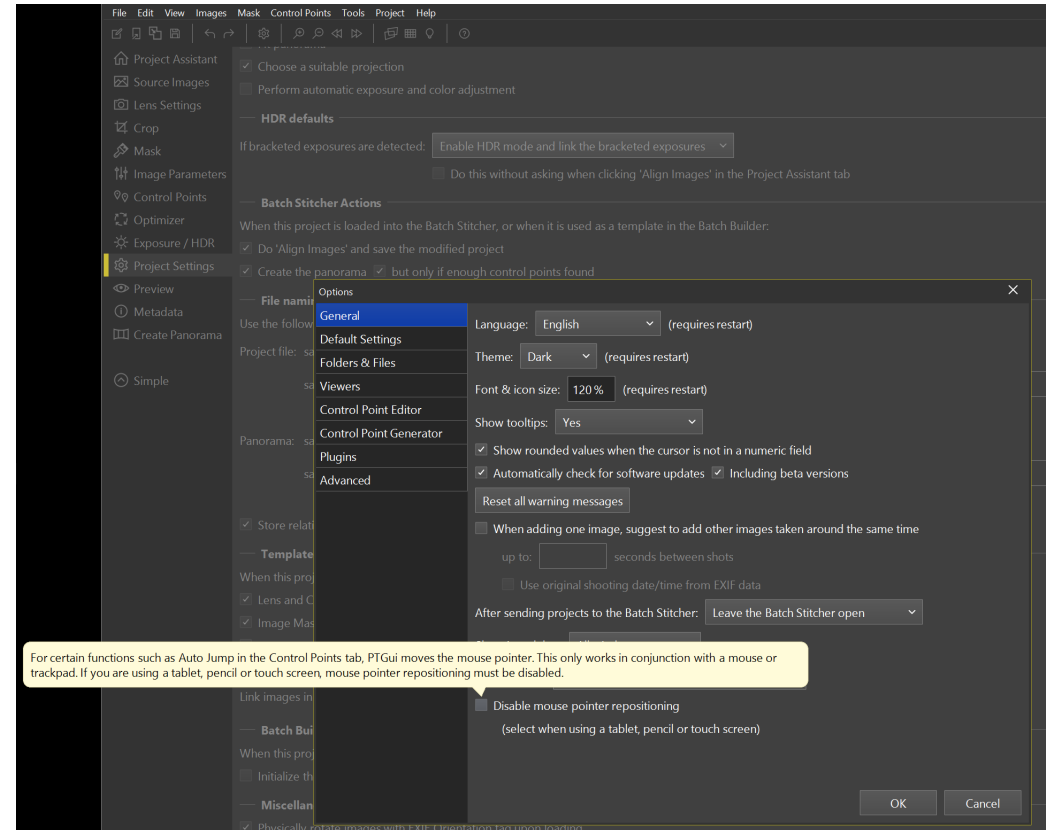


Abbildung 5.8: Tablett-Einstellung

Setzen eines Kontrollpunktes muss jeweils ein Punkt im linken und ein Punkt im rechten Bild gesetzt werden. Um eine vertikale Linie zu definieren, sucht man sich ein Bild aus, in dem eine möglichst klar erkennbare Vertikale vorkommt. In diesem Fall wählt man links und rechts dasselbe Bild aus - dann wird auch schon automatisch die Type des Kontrollpunktes auf *Vertical Line* geändert. Nun setzt man links im Bild an einem Geradenende und rechts im Bild am anderen Geradenende jeweils einen Punkt. Dann sucht man sich noch ein zweites Bild, in dem ebenfalls eine Vertikale zu finden ist. Man sollte darauf achten, dass sich die zweite Vertikale nicht ausgerechnet 180° entfernt von der zuvor gewählten Vertikalen befindet. Man benötigt die Definition von zwei vertikalen Linien, damit PTGui die korrekte Ausrichtung ermitteln kann.

Abbildung 5.9: Control Points - Vertical Lines

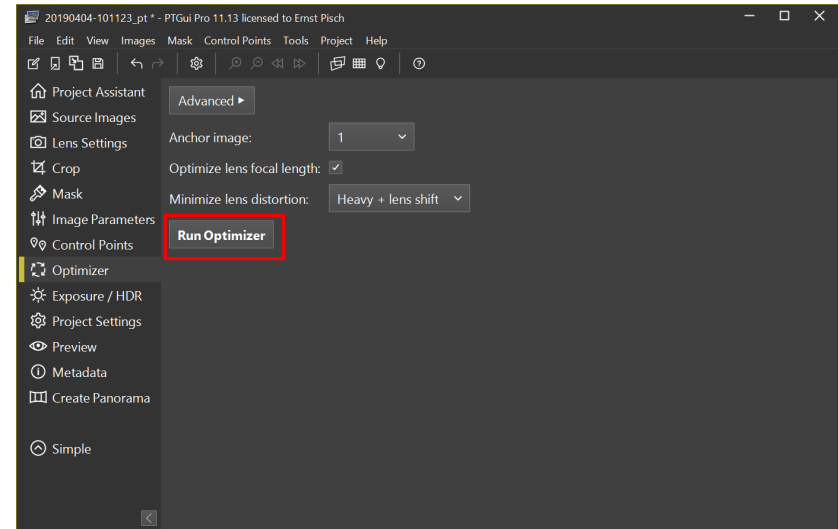
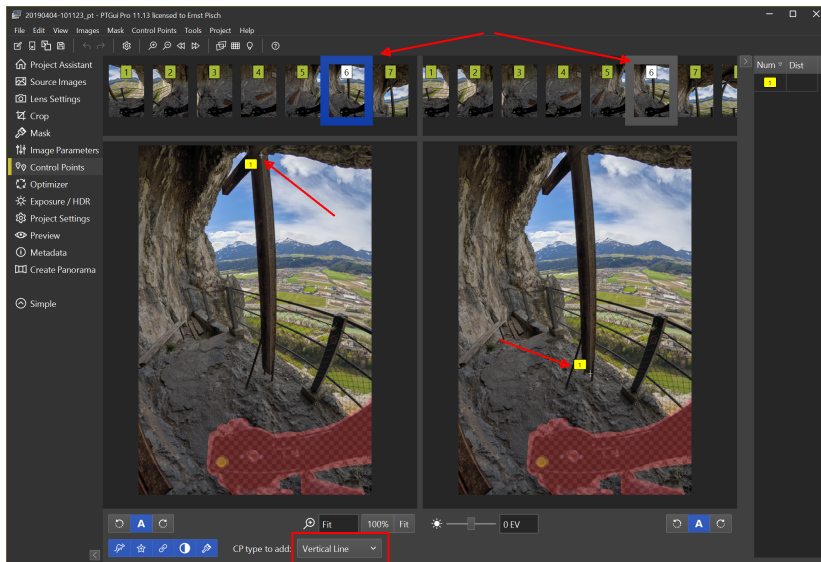


Abbildung 5.10: Optimizer

Wurden die beiden Vertikalen gesetzt, wechselt man zum *Optimizer* und klickt auf *Run Optimizer* - siehe Abbildung . Im *Panorama Editor* sollte nun ein Panorama mit korrekt dargestellten Senkrechten zu sehen sein.

Es kann vorkommen, dass ein Teilbild nicht automatisch an der richtigen Stelle positioniert wird und der Optimizer versagt. Man kann dem Optimizer „auf die Sprünge helfen“, indem man das betroffene Bild im Panorama Editor manuell ungefähr an die richtige Stelle verschiebt. Hierzu wechselt man im Panorama Editor die Darstellungsart auf *Edit Individual Images*. Dadurch werden die Bildnummern angezeigt und bei Mausklick auf eines der Teilbilder in der oberen Bildleiste treten in der Panoramaansicht darunter alle anderen Bilder schwächer sichtbar in den Hintergrund - siehe Abbildung 5.11. Nun verschiebt man dieses Bild mit gedrückter linker Maustaste an die passende Stelle - es genügt üblicherweise, wenn der Ort ungefähr stimmt. Sollte es dennoch nicht klappen, muss man manuell Kontrollpunkte für dieses und die damit überlappenden Bilder setzen. Das jedoch wird Inhalt eines späteren Kapitels sein.

Selbst sehr gute Objektive zeigen eine mehr oder weniger ausgeprägte Vignettierung - also eine Abdunklung an den Bildrändern. Die Pro-Version von PTGui unterstützt die Korrektur dieser Vignettierung. Mehr noch - man kann den ermittelten Wert

abspeichern und später bei Verwendung desselben Objektivs und derselben Blende (die Abdunklung ist im Allgemeinen umso größer, je offener die Blende ist) wieder verwenden. Da sich die Bilder überlappen, kann PTGui diese Abdunklung in Form einer Kurve errechnen. Die Einstellung erfolgt unter *Exposure / HDR* - siehe Abbildung 5.12. Durch Links-Klick auf *Optimize now!* wird die Korrektur ermittelt und auch gleich angewandt. Unterhalb der Vignettierungs-Kurve befindet sich die Möglichkeit, die aktuelle Kurve abzuspeichern oder eine bereits früher gespeicherte Kurve zu laden.

Eine der besonderen Fähigkeiten eines Panoramaprogrammes ist die, dass Verzerrungen der Optik ermittelt und entsprechend korrigiert werden müssen, damit die Bilder am Ende exakt zusammenpassen. Auch diese Faktoren für die Korrektur der Verzerrung lässt sich in PTGui in einer Datenbank abspeichern und bei Bedarf anwenden. Die Kissen- und Tonnen-förmigen Verzerrungen sind unabhängig von der verwendeten Blende. Bei Zoomobjektiven allerdings muss man darauf achten, dass man die Werte für die verschiedenen Brennweiten abspeichert, denn die Brennweite hat maßgeblich Einfluss auf Objektivverzerrungen.

Die Korrekturwerte findet man unter den *Lens Settings* - siehe Abbildung 5.13. ACHTUNG! Die von PTGui ermittelten Werte für Objektiv-Korrekturen können u.U. nicht

5 Kugelpanorama erstellen mit PTGui

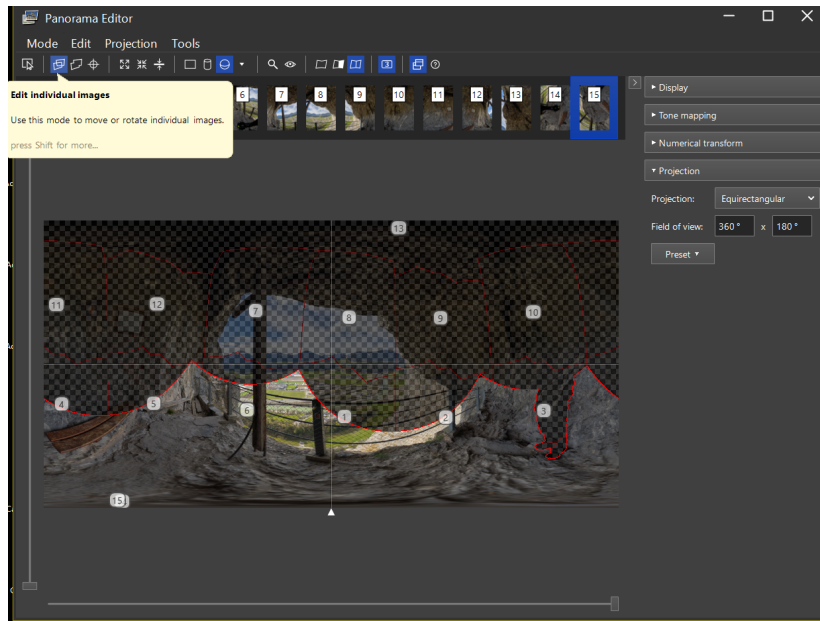


Abbildung 5.11: Einzelne Bilder bearbeiten

für mehrere verschiedene Kameras verwendet werden. Falls Sie die Werte für ein bestimmtes Objektiv gespeichert haben, welches sich auf einer Vollformat-Kamera befunden hat, so gelten diese nicht unbedingt ebenso exakt für eine Kamera mit APS-Sensor. Das heißt, man sollte je Sensor-Größe unterschiedliche Korrekturwerte abspeichern. Aus diesem Grund habe ich bei den Namen meiner Objektive auch immer dabei stehen, für welchen Kameratyp die Werte gültig sind.

OK - weiter mit der Erstellung unseres Kugel-Panoramas ...

Um einen groben Überblick zu erhalten, ob das Panorama gelungen ist, bietet PTGui die Möglichkeit einer Voransicht (*Preview*) - siehe Abbildung 5.14. Immer verfügbar ist in der Liste der *PTGui Viewer*. Man hat jedoch die Möglichkeit, auch andere Programme einzubinden. Die Konfiguration dafür erfolgt unter *Tools* -> *Options* -> *Viewers* (siehe Abbildung 5.15)

Speziell für die Ansicht von Kugelpanoramen finde ich den frei erhältlichen FSPViewer (siehe <http://www.fsoft.it/FSPViewer/>) sehr praktisch. Wer im Besitz von Photoshop oder eines anderen Bildbearbeitungsprogrammes ist, kann es ebenfalls hier eintragen

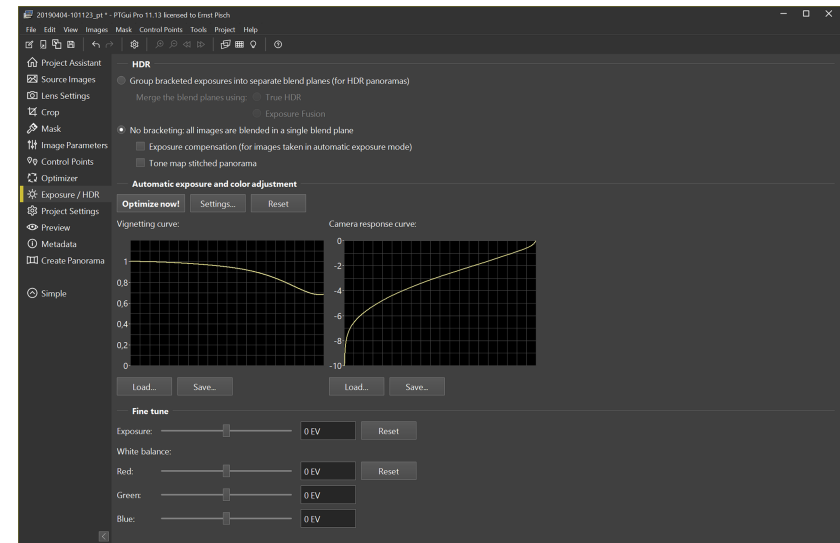


Abbildung 5.12: Helligkeits-Einstellungen

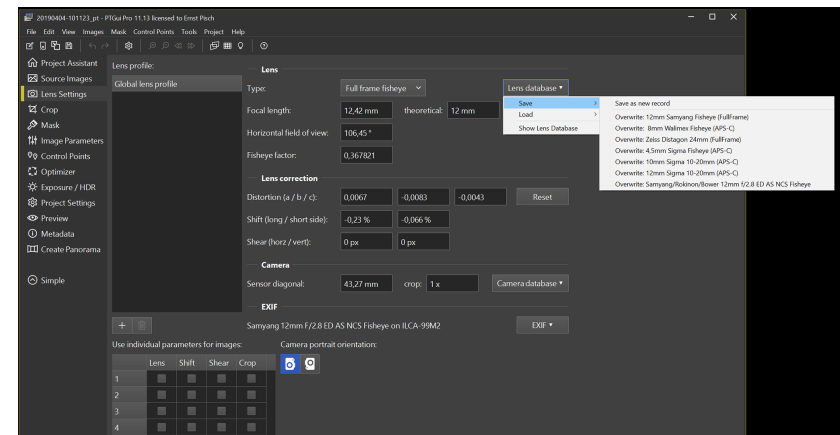


Abbildung 5.13: Objektiv-Verzeichnung

und kann das Programm direkt aus PTGui heraus öffnen, um z.B. Retuschen vorzunehmen.

Endlich sind wir beim letzten Punkt angelangt - das Erstellen der Panorama-Bilddatei.

5 Kugelpanorama erstellen mit PTGui

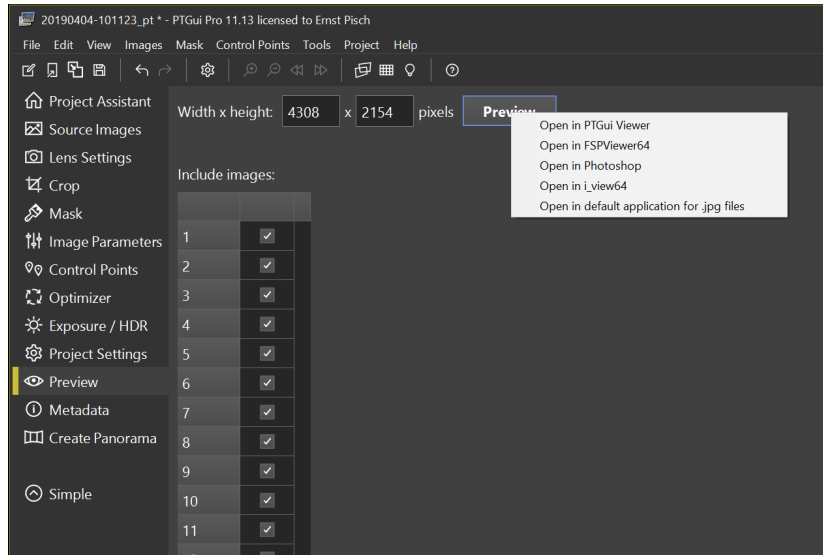


Abbildung 5.14: Voransicht

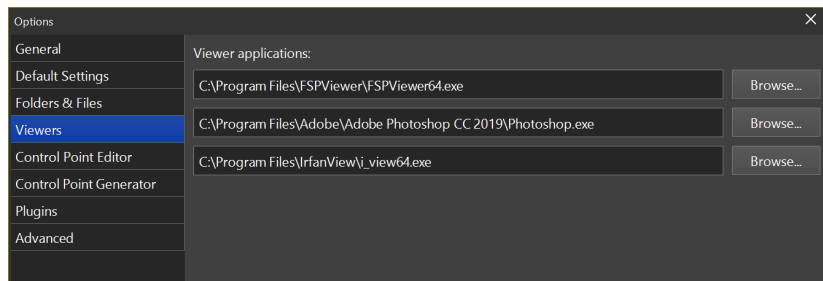


Abbildung 5.15: Viewer

Unter *Create Panorama* klickt man auf *Create Panorama* und die Bilddatei wird erzeugt - siehe Abbildung 5.16. Es gibt auf dieser Seite eine Reihe von Einstellmöglichkeiten. Neben den üblichen Einstellungen wie Dateinamen, Auflösung und Dateityp der Bilddatei, sind dies:

- **Output**
 - *Blended panorama* ... die Bilddatei enthält ein fertig überlagertes Panoramabild

– *Individual layers* ... die Teilbilder werden zwar exakt ausgerichtet, aber als einzelne Ebenen abgespeichert; das erlaubt z.B. ein Überblenden mit Photoshop³

- *Blend using* ... Standard ist PTGui (ich verwende eigentlich ausschließlich diesen *Blender*. Man kann unter *Tools - Options - Plugins* die beiden anderen Überblendprogramme *enblend* und *smartblend* eintragen. Das sind frei verfügbare Programme, welche sich etwas anders verhalten. So kann es z.B. sein, dass *smartblend* (<https://wiki.panotools.org/SmartBlend>) Fehler an den Nahtstellen besser „versteckt“. *Enblend* (<http://enblend.sourceforge.net/>) ist ein weiteres Überblendprogramm. Beide Überblender sind schon älteren Datums und werden, soweit ich weiß, nicht mehr weiterentwickelt.
- *Feather* ... Damit wird beeinflusst, wie weich der Übergang sein soll. Meiner Erfahrung nach ist eine Veränderung dieses Standardwertes bestenfalls dann sinnvoll, wenn Fehler bei Übergängen versteckt werden sollen. Bevor ich hier etwas ändere, versuche ich aber das Setzen zusätzlicher bzw. das Entfernen von schlechten Kontrollpunkten. Weiters verwende ich die Maskierung, um Übergänge in weniger kritische Bereiche zu verlagern.
- *Blending mode* ... Auch damit beeinflusst man die Methode der Überlagerung und kann bei unschönen Übergängen durch Änderung der Methode ev. bessere Ergebnisse erzielen.
- *Interpolator* ... Da die Einzelbilder teils gestaucht oder gestreckt werden müssen, damit sie zusammenpassen, gehen Pixel verloren oder müssen hinzugefügt werden. Für das Hinzufügen von Pixeln gibt es verschiedene Methoden - diese stehen hier zur Auswahl. Grundsätzlich gilt, dass eine höhere Zahl am Ende des Namens bedeutet: genauer, aber auch zeitaufwändiger. *Nearest Neighbour* ist die schnellste Methode, aber auch die der geringsten Qualität - also eher nur für die Vorschau geeignet. *Bilinear* ist sehr schnell, aber ebenfalls von eher minderer Qualität. *Lanczos* Interpolatoren erzeugen etwas Schärfe, aber es besteht dafür die Gefahr, dass Artefakte entstehen. *Spline* ist weicher und daher besser für Grafiken geeignet. *Bicubic* ist universell verwendbar. Die Standardeinstellung ist ein guter Kompromiss zwischen Qualität und Geschwindigkeit.

³Das funktioniert jedoch nicht für komplette Kugelpanoramen, da Photoshop nicht weiß, dass der linke Bildrand exakt zum rechten Bildrand passen muss. Recht gut hingegen funktioniert es bei Landschaftspanoramen mit vielen Einzelaufnahmen, wenn sich die Lichtverhältnisse während der Aufnahme geändert haben. Photoshop liefert da oft erstaunlich gute Ergebnisse.

5 Kugelpanorama erstellen mit PTGui

- **Include Images ...** Es besteht hier die Möglichkeit, gewisse Bilder zu ignorieren. Eine mögliche Anwendung wäre, dass Sie ein Kugelpanorama erstellt, aber z.B. von einem Tisch mehrere Aufnahmen mit unterschiedlichen Objekten darauf aufgenommen haben. Anstatt das komplette Projekt für jedes Objekt neu zu erstellen, aktivieren Sie jeweils ein anderes Bild vor der Ausgabe des Panoramas.

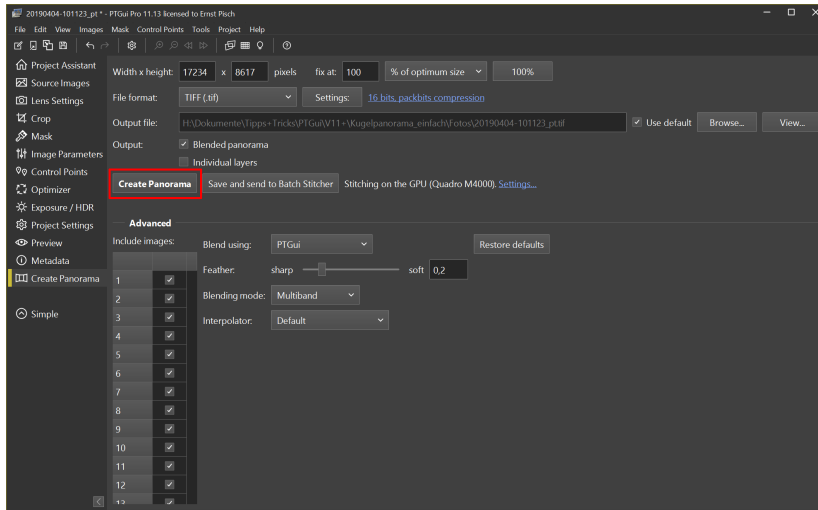


Abbildung 5.16: Panoramadatei erstellen



Abbildung 5.17: Fertiges Panorama (Equirectangular Projection)

Sie werden mit der Zeit feststellen, dass Sie manche Einstellungen für Ihre Projekte immer wieder aufs Neue auf Ihre bevorzugten Werte umändern müssen. Z.B. wollen Sie als Bilddatei immer eine 16bit TIFF-Datei und am Ende des Dateinamens immer „_pano“ stehen haben. Oder Sie bevorzugen, dass die Einzelbilder immer als Ebenen in der Bilddatei erhalten bleiben. Wenn Sie einmal Ihre bevorzugten Einstellungen gefunden haben, so können Sie diese als Standard abspeichern.

Diese Funktion finden Sie unter *File -> Make Default* (siehe Abbildung). Eine Anleitung dazu finden Sie auch unter *Tools -> Options -> Default Settings*.

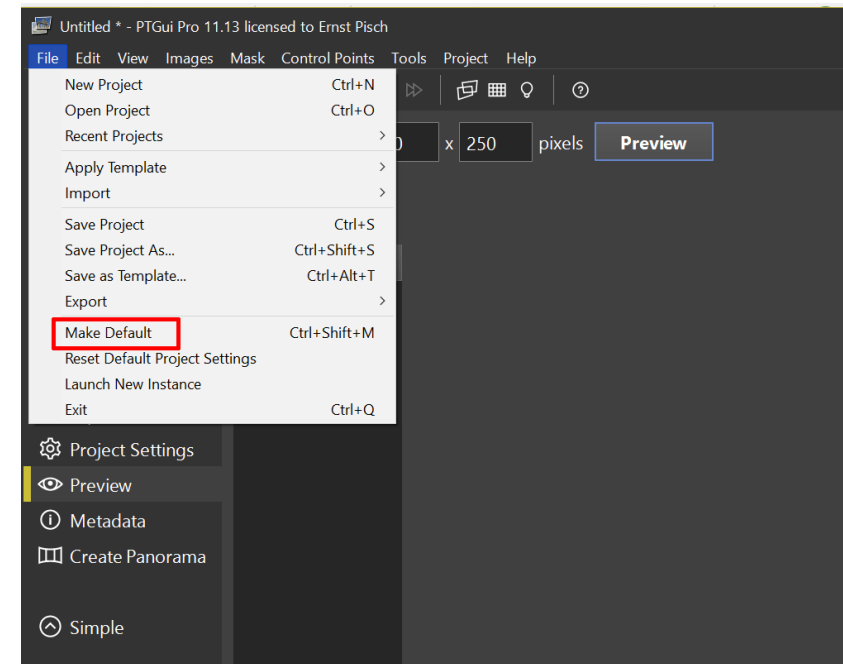


Abbildung 5.18: Standardeinstellung speichern

Verwendung von Vorlagen (Templates)

Vorhin haben wir die Möglichkeit kennengelernt, wie man sich seine persönlichen Einstellungen mittels *Make Default* dauerhaft speichern kann. Eventuell hat man aber je nach Art des Projektes immer wieder andere Einstellungen, welche man sich ebenfalls rasch abrufbar abspeichern möchte. Das ist ebenfalls möglich - und zwar in Form einer Vorlage (engl. *Template*). Anstatt das Projekt komplett zu speichern, lässt sich dieses auch über den Menüpunkt *File -> Save as Template* speichern. Speichert man das gesamte Projekt, werden nicht nur alle Einstellungen gespeichert, sondern auch alle Kontrollpunkte und Dateinamen der Einzelbilder. Beim Speichern als Vorlage, werden solche Daten nicht mit abgespeichert.

Man hat sogar Einfluss darauf, was man abgespeichert haben möchte.

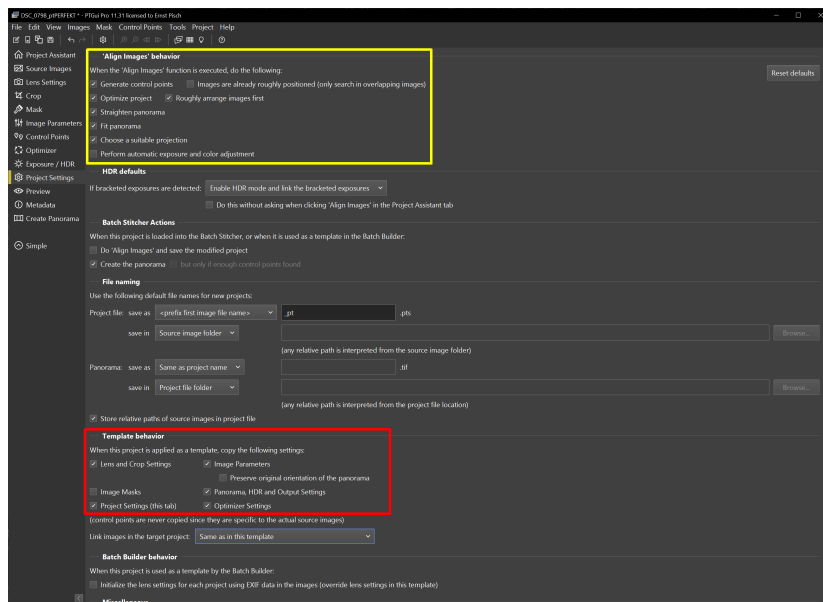


Abbildung 5.19: Project Settings

Unter *Project Settings* (siehe Abbildung 5.19) lassen sich einige Einstellungen markieren, welche für ein *Template* übernommen werden sollen. Diese Werte findet man unter *Template behaviour*. In diesem Zusammenhang ebenfalls interessant kann die

Einstellung für das Verhalten beim Klick auf *Align images* sein. Diese Einstellungen befinden sich ebenfalls unter den *Project Settings* (in der Abbildung gelb eingrahmt).

Stellen wir uns folgendes Szenario vor:

Wir haben einen perfekt eingestellten Panorama-Adapter mit eine Drehscheibe, welche bei den für die Einzelaufnahmen benötigten Drehwinkeln einrastet. Zunächst wird eine Reihe ohne Neigung der Kamera nach oben oder unten aufgenommen. Anschließend wird die Kamera um 45° nach oben geschwenkt und die nächste Reihe aufgenommen. Nun wird um 45° nach unten geschwenkt und wieder eine Reihe aufgenommen. Jetzt wird die Kamera um 90° nach oben ausgerichtet, um den Zenit aufzunehmen und zuletzt für die Aufnahme des Nadirbildes um 90° nach unten geschwenkt. Achtet man darauf, dass für jedes Kugelpanorama immer dieselbe Kamera-Objektiv-Kombination bei gleicher Adaptereinstellung und auch der Ablauf immer exakt gleich aussieht (gleiche Drehrichtung, gleiche Abfolge von nach oben bzw. nach unten ausrichten etc.), so kann man sich nach dem erfolgreichen Erstellen des ersten Kugelpanoramas dieses Projekt als *Template* abspeichern.

Wenn die Aufnahmen bei einem neuen Panorama-Projekt in derselben Reihenfolge erstellt wurden, werden die Bilddateien normalerweise auch in derselben Reihenfolge in PTGui importiert.⁴ Lädt man nun das zuvor abgespeicherte *Template*, so rücken alle Einzelbilder schon an die richtige Position. PTGui muss nicht mehr selbst herausfinden, welche Bilder wohin gehören, da sich die Bilder ja schon am richtigen Platz befinden. Es genügt, wenn PTGui nur mehr Kontrollpunkte für die sich überlappenden Bilder sucht und erstellt. Man wählt deshalb nur mehr *Control Points -> Generate Control Points for all overlapping images* aus.

Oder man ändert das Verhalten von *Align images* in den *Project Settings* und klickt, wie gewohnt, auf *Align images*. Damit kann man den gesamten Ablauf zur Erstellung des kompletten Kugelpanoramas erheblich beschleunigen. Man verhindert auch, dass PTGui Bilder an falsche Positionen rückt und erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass bereits zu Beginn für alle Bilder Kontrollpunkte gefunden werden und ein manuelles Setzen der Punkte entfällt. Diese Vorgangsweise kann enorm viel Zeit sparen, wenn z.B. die Räume eines gesamten Gebäudes als Kugelpanoramen verarbeitet werden sollen

⁴Sollte der Zähler der Bilddateien in der Kamera zufällig gerade den Höchstwert erreicht haben und wieder bei Eins beginnen, dann wäre die Reihenfolge unterbrochen. Meine Bilder erhalten beim Importieren der RAW-Dateien im RAW-Konverter immer Datum-Uhrzeit als Dateiname. Damit kann so etwas nie passieren.

Hilfe! - Manche Bilder sind am falschen Platz!

Es kommt vor, dass PTGui nicht in der Lage ist, alle Einzelbilder korrekt zu positionieren. Entweder gelingt es nicht, gemeinsame Punkte benachbarter Bilder zu finden, oder es werden Kontrollpunkte gesetzt, welche sich aber in Wirklichkeit gar nicht an derselben Position befinden. Während PTGui dies im ersten Fall mitteilt, verhält sich PTGui im zweiten Fall so, als ob alles in Ordnung wäre.

Das folgende Beispiel zeigt einen Raum, in dem sich eine Akustikdecke befindet. Diese besteht aus unzähligen, kleinen Löchern, welche den Algorithmus von PTGui offenbar ziemlich verwirren. Die Einzelbilder wurden mir freundlicherweise von [Ruth Kasper - Fotografie Mediendesign](#) zur Verfügung gestellt - DANKE Ruth! Obwohl die Einstellung der Kamera am Panoramaadapter perfekt justiert war, konnte PTGui nur wenige der Deckenbilder richtig zuordnen. Im Panorama Editor (Abbildung 5.20) war ganz offensichtlich zu erkennen, dass da so manches nicht stimmt.

Wählt man im Panorama-Editor den Modus *Edit individual images*, so kann man leicht feststellen, dass sich mehrere Bilder anstatt an der Decke, irgendwo links der Mitte befinden. Weitere Hilfe erhält man über den *Control Point Assistant*. Dieser listet mehrere Probleme auf:

Unter *Orphaned images* werden all die Bilder aufgelistet, wofür keinerlei Kontrollpunkte gefunden wurden. Das sind hier im Beispiel die Bilder 22, 23 und 26. *Clusters* zeigt uns, dass es Bilder gibt, wofür zwar Nachbarbilder gefunden wurden, diese aber nicht zum Rest des Gesamtbildes zugeordnet werden konnten. Im Beispiel existieren drei sogenannte Cluster. Der erste Cluster enthält den Großteil aller Einzelbilder. Im zweiten Cluster befinden sich die Bilder 24 und 25 und im dritten Cluster die Bilder 27 und 28. Ganz unten steht auch noch der Hinweis, dass mehrere Bilder weniger als nur vier Kontrollpunkte besitzen. Das ist für ein korrektes Zusammenfügen sehr ungünstig.

Sicherheitshalber prüfe ich nun, ob sich die im großen Cluster eingefügten Deckenbilder auch tatsächlich an der richtigen Position befinden. Das stellt man fest, indem man oben in der Bilderleiste eines der zu prüfenden Bilder anklickt. Dieses Bild wird dann hervorgehoben dargestellt. Weiters kann man prüfen, ob diese Bilder auch wirklich nur Kontrollpunkte mit ihren Nachbarbildern besitzen. Das lässt sich in der *Control Points Table* (Abbildung 5.21) feststellen, indem man entweder die Filter-Funktion verwendet oder die Bilder durch Klick auf die linke *Image*-Spalte sortiert. In den ersten beiden Spalten dürfen nur jeweilige Nachbarbilder gelistet sein. Falsche Kontrollpunkte können einfach durch Markieren und Drücken der Entfernen-Taste gelöscht werden.

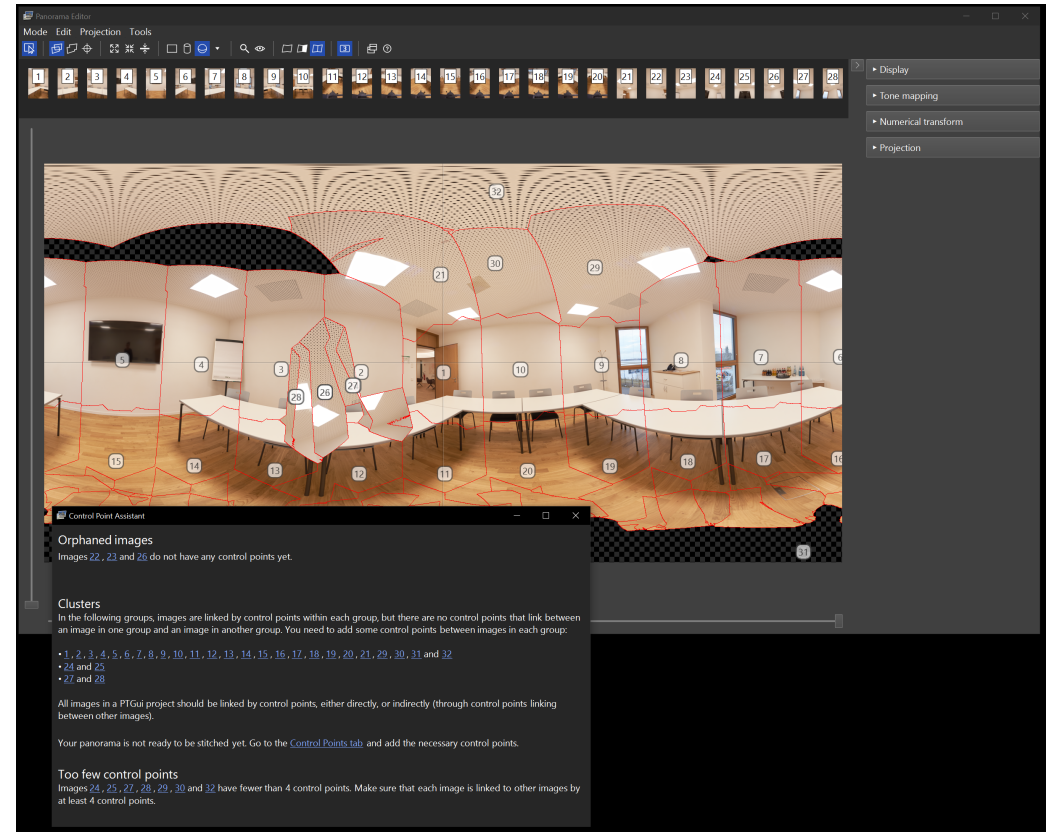


Abbildung 5.20: Panorama-Editor und Control Point Assistant

Im Beispiel sehen wir, dass die Deckenbilder (21 bis 30, sowie 32) entweder gar nicht gelistet sind (also keine Kontrollpunkte besitzen) oder nur Kontrollpunkte zu ihren wahren Nachbarn eingetragen sind. Wir müssen also in diesem Fall keine fehlerhaften Kontrollpunkte löschen.

Nun setzen wir für alle Bilder, welche laut *Control Point Assistant* keine oder zu wenige Kontrollpunkte besitzen, selbst solche Punkte. Wir klicken also im Hauptfenster auf den Menüpunkt *Control Points* und wählen dort zwei betroffene Nachbarbilder aus. Man gelangt auch schneller dorthin, wenn man im *Control Point Assistant* auf eine der blauen Bilderzahlen klickt. Bei der Wahl der Kontrollpunkte sollte man möglichst sorgfältig vorgehen - eine starke Vergrößerung mit dem Mausrad erleichtert dies.

5 Kugelpanorama erstellen mit PTGui

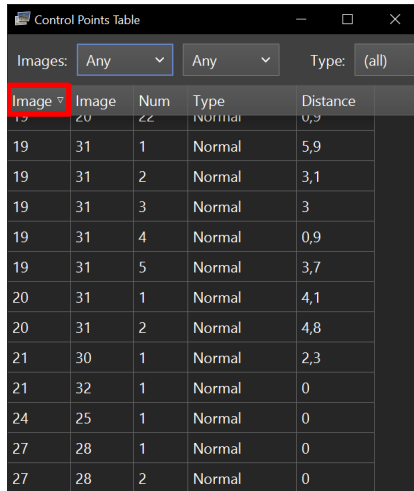


Image	Image	Num	Type	Distance
19	20	22	Normal	0,9
19	31	1	Normal	5,9
19	31	2	Normal	3,1
19	31	3	Normal	3
19	31	4	Normal	0,9
19	31	5	Normal	3,7
20	31	1	Normal	4,1
20	31	2	Normal	4,8
21	30	1	Normal	2,3
21	32	1	Normal	0
24	25	1	Normal	0
27	28	1	Normal	0
27	28	2	Normal	0

Abbildung 5.21: Control Points Table

Die Punkte sollten möglichst über den gesamten überlappenden Bildbereich verteilt sein. Sobald PTGui „zufrieden“ ist, verschwindet die bemängelte Bildzahl im *Control Point Assistant*. PTGui genügt zwar schon, wenn Kontrollpunkte zu jeweils nur einem Nachbarbild vorhanden sind, ich empfehle jedoch, ein paar Punkte zu jedem Nachbarn zu definieren, falls dies möglich ist (bei strukturlosen Bereichen oder wenn nur bewegliche Objekte vorhanden sind, geht's nicht).

Nachdem alle Bilder mit Kontrollpunkten versehen sind, muss der *Optimizer* erneut gestartet werden. Im Gutfall sollten nun alle Bilder an die richtige Position springen und die maximalen Abweichungen sich im einstelligen Bereich (möglichst kleiner 5) bewegen.

Meldet der *Optimizer* aber stattdessen plötzlich noch viel schlechtere Werte, sollte man diese nicht bestätigen, sondern zuvor auf die Suche nach der Ursache gehen! Es kann sein, dass man sich bei der Wahl der Kontrollpunkte geirrt hat. Es kann aber auch sein, dass eines oder mehrere Bilder vorher falsche Kontrollpunkte besaß. Dann besitzt dieses Bild jetzt Kontrollpunkte, welche unvereinbar sind. Es gilt nun, die falschen Kontrollpunkte zu finden und zu löschen.

6 Fortgeschrittene Anwendung

Zusammenfügen von Luftbildaufnahmen

Nun zeige ich ein Panorama anderer Art, welches sich nicht durch ein paar wenige Mausklicks erstellen ließ. Und zwar möchte ich mir eine Luftbildaufnahme meines Heimatortes in hoher Auflösung erstellen. Die Tiroler Landesregierung stellt einen Online-Dienst zur Verfügung, welchen ich zu diesem Zweck verwende. Als „normaler“ Internet-User kann ich bei diesem Dienst nur den jeweils angezeigten Bildausschnitt exportieren bzw. davon einen Screenshot erstellen. Deshalb bin ich gezwungen, meine große Luftbildaufnahme mittels Zusammensetzen lauter kleiner Screenshots zu erstellen.

Ich habe mir also die Mühe gemacht, die komplette Fläche meiner Heimatgemeinde Bild für Bild am Bildschirm anzeigen zu lassen und davon einen Screenshot abzuspeichern. In Summe sind das unglaubliche 675 Einzelbilder. Diese gilt es nun, mit PTGui wieder zu einem einzigen Bild zusammen zu setzen.

Da es sich dabei nicht um Aufnahmen handelt, welche von einem bestimmten Punkt aus aufgenommen wurden, sondern um Luftaufnahmen, bei denen sich das Flugzeug fortbewegt hat, ist das eigentlich nicht die Art von Panorama, wofür PTGui konzipiert wurde. Es handelt sich vielmehr um eine Art Mosaik, wie man es auch erhält, wenn man ein großes Bild Stück für Stück in einem Flachbettscanner digitalisiert.

Bei den FAQs (Frequently Asked Questions) auf der Homepage von PTGui findet man eine Anleitung, wie man solche Mosaik-Stücke zusammensetzen kann. Knackpunkt ist vor allem, dass man dem Programm eine extreme Tele-Brennweite vorgaukelt. Wir tun also so, als wäre die gesamte Luftbildaufnahme nur ein winziger Teil eines vollständigen Kugelpanoramas - kugelförmige Verzerrungen spielen somit praktisch keine Rolle.

Wie gewohnt, lade ich alle 675 Einzelbilder in PTGui. Da die Bilder keine EXIF-Informationen enthalten, werde ich nach der Sensorgröße der Kamera und der Brennweite des Objektivs gefragt. Ich gebe als Cropfaktor 1 und als Brennweite 1000mm ein.

Anschließend wechsele ich zu den *Lens Settings* (siehe Abbildung 6.1) und trage, wie in der Anleitung erwähnt, bei *Horizontal field of view* den Wert 1° ein. Da ich schon beim Import eine Brennweite von 1000mm eingegeben hatte, stand schon ein sehr kleiner Winkel drin, welcher vermutlich auch schon OK gewesen wäre. Als Objektivtype trage ich *Rectilinear* ein und kontrolliere auch, ob die anderen Werte alle zurückgesetzt sind.

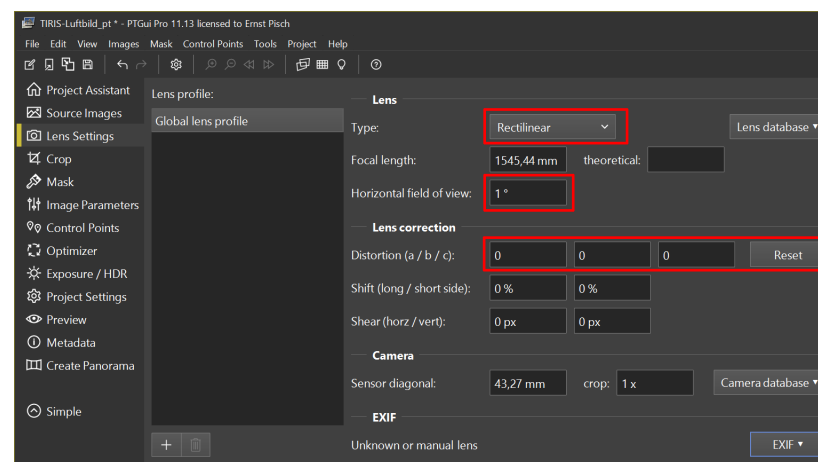


Abbildung 6.1: Lens-Settings für Mosaik

Anschließend wechsele ich zum *Optimizer*, deaktiviere *Optimize lens focal length* und setze bei *Minimize lens distortion* den Wert *Heavy* - siehe Abbildung 6.2.

Da auf allen Screenshots mehr als nur der Ausschnitt der Luftbildaufnahme zu sehen ist, muss ich die überflüssigen Bereiche „wegschneiden“. Das passiert unter *Crop* - siehe Abbildung 6.3

Zum Ziehen der Begrenzungslinie klickt man mit der linken Maustaste auf eine Kante des Bildes und bewegt die Maus an den Rand des Luftbildes (lieber ein paar Pixel des Bildes wegschneiden als zu viel übrig lassen).

6 Fortgeschrittene Anwendung

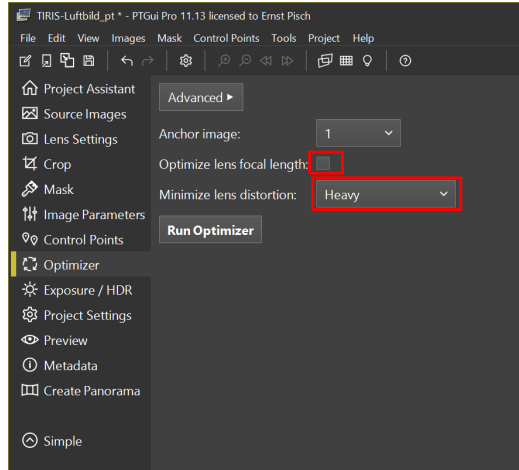
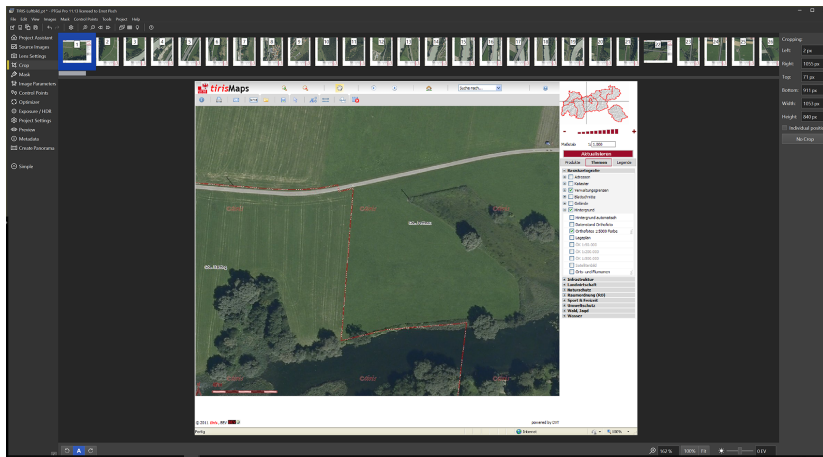


Abbildung 6.2: Optimizer für Mosaik

Abbildung 6.3: Crop - Ausschnitt definieren



Jetzt klicke ich im *Project Assistant* wie gewohnt auf *Align images*. Aufgrund der großen Anzahl an Einzelbildern dauert dies eine Weile. Leider konnte PTGui nicht für alle Bilder Control-Points finden und fragt mich deshalb, ob ich die Probleme mit dem *Control Point Assistant* beheben möchte (siehe Abbildung 6.4). Man kann sehen, dass ein Großteil des Luftbildes schon korrekt dargestellt wird. Aber es sind Lücken

vorhanden und in der Mitte tummeln sich einige Bruchstücke der Luftaufnahme. Ich bestätige die Frage mit *Ja* und der *Control Point Assistant* wird geöffnet (Abbildung 6.5).

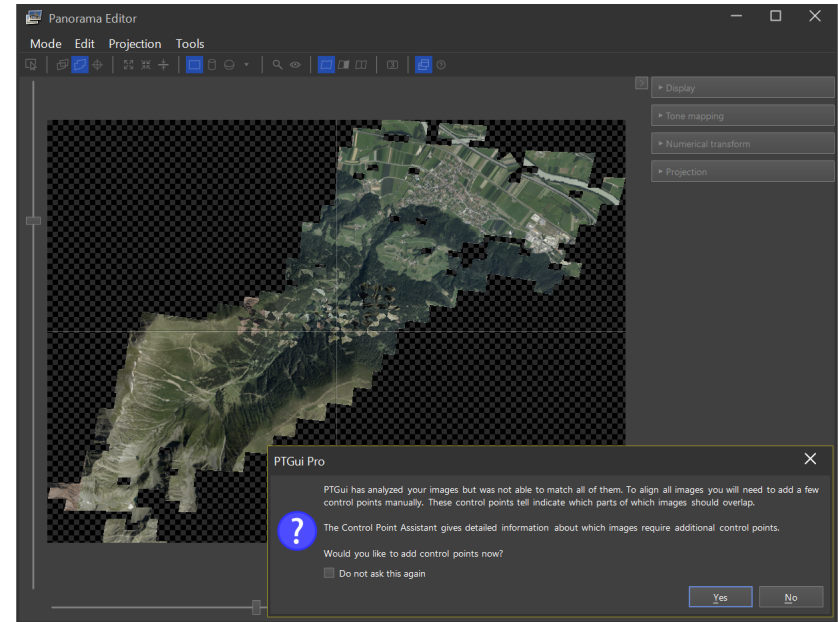


Abbildung 6.4: Fehler beim Erstellen der Kontrollpunkte

Das sieht auf den ersten Blick ziemlich schlimm aus. Anhand der Anzeige stelle ich Folgendes fest: PTGui hat für fast alle Bilder Kontrollpunkte finden können (was schon im Panorama-Editor zu erkennen war). Nur für wenige Bilder hat PTGui gar keine Kontrollpunkte finden können. Einige Bilder konnte PTGui in *Cluster* zusammenfassen, diese bilden jedoch zusammenhanglose Inseln. Am Ende der Auflistung sind noch ein paar Bilder, wofür PTGui weniger als 4 Kontrollpunkte finden konnte.

Die Aufgabe ist nun, die „Inseln“ zu verbinden und die „verwaisten“ Bilder an die richtige Stelle zu rücken.

Würde es sich um ein Mosaik mit wenigen Einzelbildern handeln, würde ich im Panorama Editor den Modus *Edit individual images* wählen, und die Bilder per Maus an die richtige Stelle ziehen und anschließend über den Menüpunkt *Control Points* -> *Generate Control Points for all overlapping images* drücken. Bei so vielen Einzelbildern

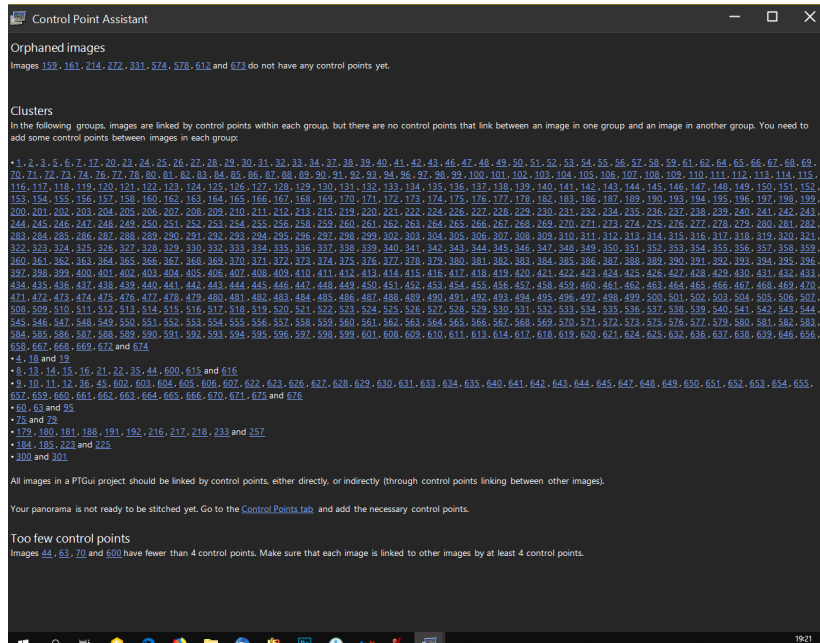


Abbildung 6.5: Control Point Assistent

ist das aber nicht möglich, weil man vor lauter Ziffern die Bilder nicht mehr sieht - siehe Abbildung 6.6.

Am einfachsten gelingt die Korrektur deshalb durch Mausclick im Control Point Assistent auf eine der blauen Bildnummern. Es öffnet sich automatisch der Bereich *Control Points* (Abbildung 6.7). Auf der linken Seite ist das gewählte Bild schon aktiviert. Rechts muss ein Nachbarbild gewählt werden. Da ich die Screenshots schön in einer Reihe erstellt hatte, muss ich bloß das Bild mit der nächst-kleineren oder nächst-größeren Ziffer wählen. Ich prüfe optisch, ob es sich tatsächlich um zwei sich überlappende Bilder handelt und wähle im Menü *Control Points -> Generate Control Points for images x and y* oder ich drücke die Tastenkombination $\langle \text{Strg} \rangle + \langle \text{Shift} \rangle + \langle \text{G} \rangle$. PTGui findet selbst selbst einige Control Points und fügt das Bild bzw. den Cluster an der richtigen Stelle ein. Das ist für alle in der Liste bemängelten Einzelbilder und für je ein Bild jeden Clusters durchzuführen. Auch jenen Bildern mit zu wenig Kontrollpunkten sollte man noch ein paar Punkte hinzufügen. Sollte PTGui selbst keine

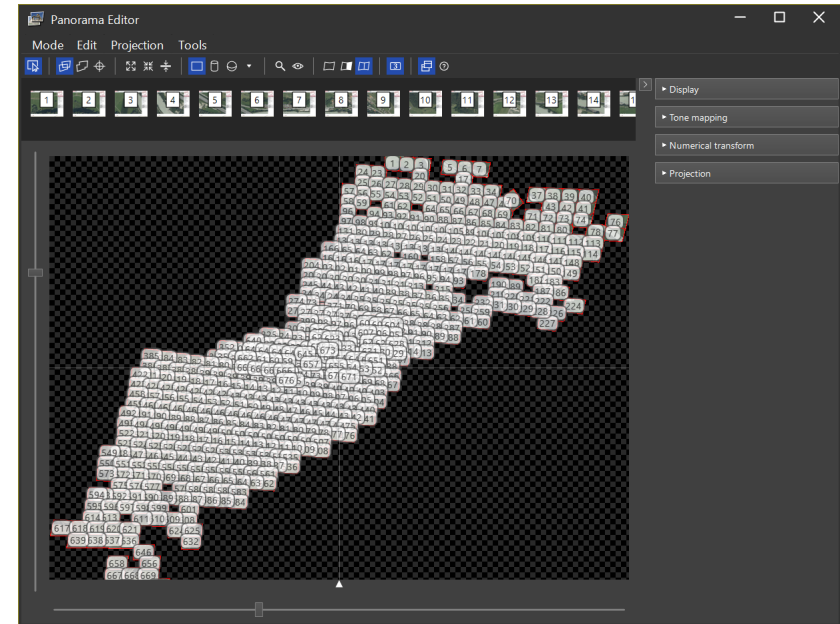


Abbildung 6.6: Panorama Editor - Einzelbild Modus

Kontrollpunkte finden, so muss man diese händisch durch Mausclick im linken Bild und dann dieselbe Stelle im rechten Bild markieren.

Hat der *Control Point Assistant* nichts mehr zu beanstanden, wechselt man zum *Optimizer* und klickt *Run Optimizer*. Im Panorama Editor kann man sich einen Überblick verschaffen, ob das Bild nun tatsächlich keine Lücken mehr aufweist. Sollten tatsächlich immer noch Lücken zu finden sein, so empfehle ich, die *Control Points Table* zu öffnen (Tastenkombination $\langle \text{Strg} \rangle + \langle \text{B} \rangle$ oder Klick auf das entsprechende Symbol in der Symbolleiste, oder Menüpunkt *Tools -> Control Points Table*) - siehe Abbildung 6.8)

Hier findet man alle Kontrollpunkte, die PTGui kennt. In den ersten beiden Spalten befinden sich die Bildnummern und in der letzten Spalte die *Distanz*. Der Wert bei Distanz sollte möglichst klein sein. Ein großer Wert bedeutet, dass es PTGui nicht gelingt, die beiden benachbarten Bilder so übereinander zu lagern, dass die Punkte exakt übereinstimmen. Man hat die Möglichkeit, die schlechtesten Punkte von PTGui automatisch entfernen zu lassen. Bevor man das tut, sollte man aber überprüfen, ob sich die Punkte tatsächlich nicht korrekt an derselben Stelle im Bild befinden. Es

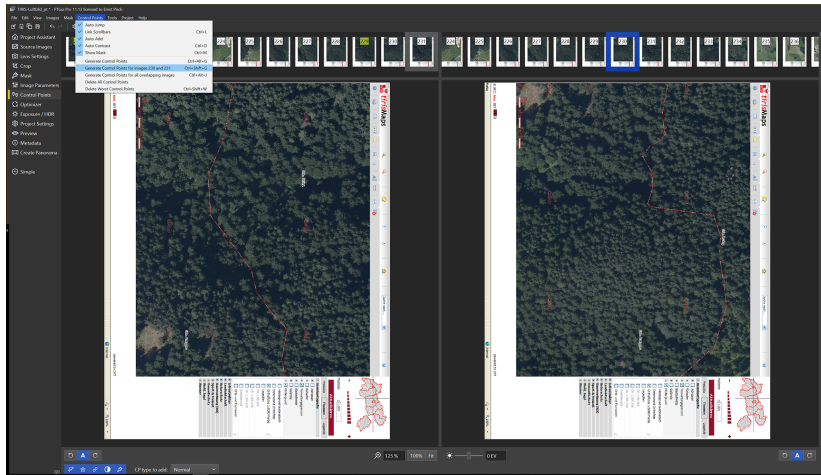


Abbildung 6.7: Control Points setzen

könnte z.B. sein, dass ein Punkt auf einem bewegten Objekt gesetzt wurde - solche Punkte gehören entfernt. Es könnte aber auch passieren, dass an sich korrekt gesetzte Punkte eine große Distanz aufweisen, weil zu viele schlechte Punkte existieren und die ganze Berechnung von PTGui zunichte machen. Werte kleiner 5 sind im Allgemeinen akzeptabel und hinterlassen kaum sichtbare Fehler.

Sollte sich ein Bild an komplett falscher Stelle befinden, so müssen extrem große Distanz-Werte zu finden sein. Die davon betroffenen Bilder muss man sich dann genau ansehen. Vielleicht hat PTGui ein ähnliches Muster in einem komplett falschen Bild entdeckt und dies zum Nachbarn gemacht, obwohl es sich gar nicht in dessen Nähe befindet. Da heißt es dann „Detektiv spielen“.

In meinem Fall waren keine Lücken mehr vorhanden und die Bilder schienen auf den ersten Blick alle an der richtigen Stelle zu sitzen. Da ich die einzelnen Cluster aber jeweils nur mittels einem einzigen Bild mit einem der anderen Cluster verknüpft hatte, befinden sich viele Bilder im Panorama, welche nicht zu allen ihren Nachbarn Kontrollpunkte besitzen. Deshalb wähle ich nun den Menüpunkt *Control Points* -> *Generate Control Points for all overlapping images*.

Erneut starte ich den Optimizer und suche nach „Ausreißern“ in der Tabelle der Kontrollpunkte. Durch Klick auf den entsprechenden Kontrollpunkt in der Tabelle werden mir automatisch die beiden betroffenen Nachbarbilder angezeigt. Dort habe

Image	Image Num	Type	Distance	
355	356	1	Normal	8
512	532	2	Normal	6,6
512	532	1	Normal	6,4
380	390	1	Normal	6,1
532	533	2	Normal	6,1
380	390	2	Normal	5,9
336	339	3	Normal	5,9
336	338	1	Normal	5,6
193	215	1	Normal	5,4
532	533	1	Normal	5,3
336	339	4	Normal	5,3
219	232	1	Normal	5,2
355	356	3	Normal	5,1
187	222	4	Normal	5,1
356	377	3	Normal	5,1
522	523	2	Normal	4,9
193	215	5	Normal	4,9
187	222	2	Normal	4,8
167	202	4	Normal	4,8
298	303	5	Normal	4,8
202	203	2	Normal	4,7
61	93	1	Normal	4,7
356	377	5	Normal	4,6
336	339	2	Normal	4,6
167	202	3	Normal	4,5
215	234	1	Normal	4,5

Abbildung 6.8: Control Points Table

ich kontrolliert, ob genügend andere korrekte Punkte gesetzt sind und falls ja, habe ich den Ausreißer gelöscht. Falls nur wenige Kontrollpunkte vorhanden waren, habe ich welche erzeugt. Anschließend startete ich den Optimizer erneut. Diese Prozedur habe ich wiederholt, bis keine groben Abweichungen mehr vorhanden waren.

Zuletzt wird wiederum *Create Panorama* ausgeführt und das Ergebnis begutachtet.

Übrigens ... ich speichere PTGui Projekte immer ab. Die TIFF-Dateien der Einzelbilder lösche ich meist, wenn ich sie mittels RAW-Konverter wieder einfach erstellen kann, da sie sonst unnötig viel Platz in Anspruch nehmen. Aber die Projektdatei lösche ich vor allem dann nicht, wenn viele Einstellungen für ein gutes Ergebnis nötig waren. Nicht selten ist es mir schon passiert, dass ich zu späterem Zeitpunkt entweder aufgrund größerer Erfahrung oder durch Verbesserungen in neueren Versionen des RAW-Konverters oder von PTGui ein besseres Ergebnis erzielen konnte als bei meiner ersten Bearbeitung.

Nadir-Bild einfügen

Das Einfügen des Nadir-Bildes ist sehr oft eine große Herausforderung. Da es im Beispiel des Kugelpanoramas von vorhin aber so klaglos geklappt hat, möchte ich diesem Thema doch ein eigenes Kapitel widmen. Während die großen Problemverursacher bei Außenaufnahmen Wind, veränderliche Lichtverhältnisse und bewegte Objekte sind, so sind bei Innenaufnahmen die kurzen Distanzen, sowie Fliesen- oder Parkettböden der Albtraum eines Panorama-Fotografen. Kleinste Parallaxenfehler sind sofort sichtbar und nur mühsam mit Hilfe von Photoshop oder ähnlichen Programmen zu beseitigen.

Ich kann es gar nicht oft genug wiederholen - Grundvoraussetzung für stressloses Zusammensetzen von Kugelpanoramen ist ein sorgfältig justierter Panorama-Adapter. Und bei Innenaufnahmen geht es wirklich um Bruchteile eines Millimeters, welche sich schon negativ auswirken können. Man muss bedenken, dass sich eine falsche Einstellung um z.B. nur einen Millimeter beim Schwenk um das Doppelte auswirken. Das kann bei einem nahe stehenden Objekt schon beachtliche Parallaxenfehler verursachen. Die Fuge eines Fliesenbodens beträgt auch kaum mehr als 2 Millimeter. Bei einem Parkettboden sind die Fugen sogar Rasiermesser-scharf sichtbar. Dem menschlichen Auge fallen Abweichungen von geometrisch perfekten Formen sofort auf, was eine Retusche so schwierig macht.

Das hier gezeigte Panorama hatte ich am Abend einer beruflichen Reise aus Langeweile in einem Hotelzimmer angefertigt. Die bereits bekannten Schritte (Bilder importieren, View-Point Korrektur für Nadir-Bild setzen und Stativ, sowie meine Beine rot maskieren) wiederhole ich nicht noch einmal im Detail, sondern ich komme gleich auf den Punkt.

Nach dem Ausführen von *Align images* stelle ich im Panorama-Editor fest, dass alle Bilder scheinbar ihren richtigen Platz gefunden haben. Nun werfe ich einen Blick auf jene Kontrollpunkte, die im nachträglich per Hand aufgenommenen Nadir-Bild gesetzt wurden. Man möchte vielleicht meinen, dass das Ergebnis nicht so übel aussieht - es wurden eine Menge Kontrollpunkte automatisch gesetzt - siehe Abbildung 6.9. Das täuscht jedoch - in Wahrheit ist dieses Ergebnis sehr schlecht!

Beinahe alle Kontrollpunkte befinden sich an Orten, welche so gut wie sicher große Parallaxenfehler aufweisen! Alle Punkte, welche sich nicht am Teppichboden, sondern etwas höher im Raum befinden, führen garantiert zu Fehlern und können alle Bemühungen von PTGui, die gegenseitige Ausrichtung der Einzelbilder zu optimieren, völlig zunichte machen! Wie man in Abbildung 6.10 sehen kann, ist das auch passiert.

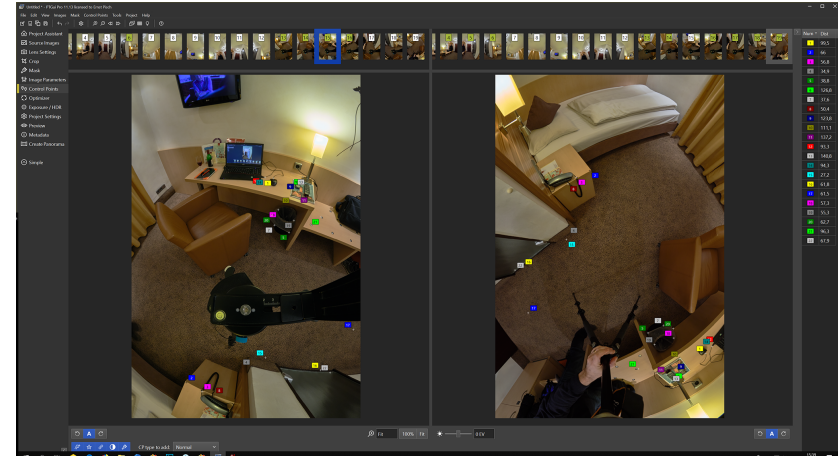


Abbildung 6.9: Schädliche Kontrollpunkte

Es existieren mehrere derart mangelhafte Stellen, wie ich bei der stichprobenartigen Kontrolle mit der Lupenfunktion von PTGui feststellen musste.

Solche Kontrollpunkte sind ebenso schädlich wie Populisten in der Politik! Sie stürzen sich auf einige wenige Ausreißer und stellen diese in den Mittelpunkt des Interesses. Die Lösungen, die rasch, plakativ und lautstark verkündet werden, sind in Wahrheit aber keine Lösungen, sondern verschlechtern nur die Gesamtsituation. Daraufhin werden immer noch radikalere Maßnahmen gefordert zur Beseitigung der Missstände bis das gesamte System ins Chaos gestürzt wird.

Also was tun? Man muss sich darauf besinnen, dem Wesentlichen Priorität zu schenken und Tabuzonen definieren, um dem Extremismus keine Chance zu geben.

Wiederum auf unser Nadir-Bild bezogen heißt das, dass ich mit dem roten Pinsel alle Regionen im Nadir-Bild übermale, in denen PTGui keine Kontrollpunkte setzen soll (siehe Abbildung 6.11). Kontrollpunkte dürfen nur am flachen Teppichboden eingefügt werden. Diese Fläche kann ohne Parallaxenfehler so zurechtgezogen und gestaucht werden, dass sie exakt zu den Nachbarbildern passt. Die rot markierten Bereiche dürfen im Panorama nicht erscheinen und werden deshalb auch bei der Optimierung außer Acht gelassen (auch einem Populisten, der von allen ignoriert wird, wird irgendwann die „Puste“ ausgehen).

Wie ich im Panorama-Editor schon festgestellt hatte, befinden sich die Einzelbilder alle

6 Fortgeschrittene Anwendung



Abbildung 6.10: Stitching-Fehler

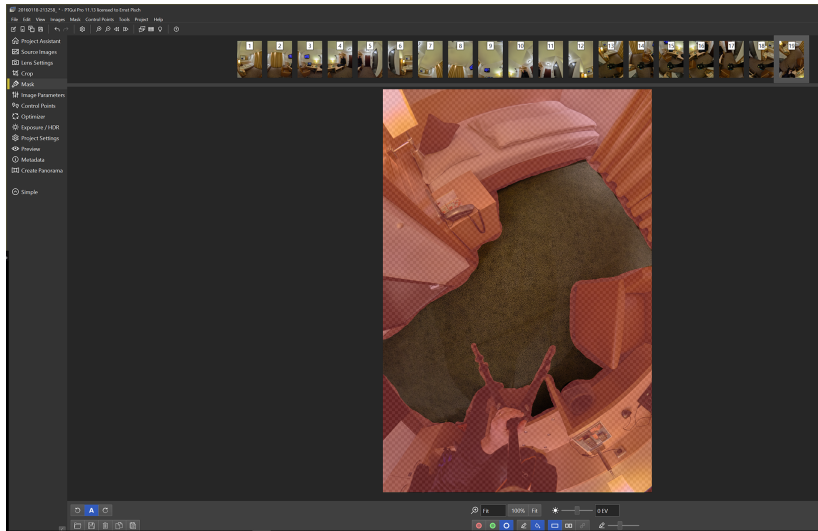


Abbildung 6.11: Maske im Nadir-Bild

ungefähr am richtigen Ort. Ich weiß auch, dass es viele schlechte Kontrollpunkte gibt, welche mein Gesamtergebnis negativ beeinflussen. Also entscheide ich mich dafür,

alle Kontrollpunkte zu löschen. Das ist möglich mit dem Menüpunkt *Control Points* -> *Delete All Control Points*. Anschließend wähle ich *Control Points* -> *Generate Control Points for all overlapping images*. Ich lasse PTGui somit nicht komplett von vorne beginnen, um festzustellen, welche Bilder Nachbarn sind, sondern teile nur mit, dass Kontrollpunkte für die jeweiligen Nachbarbilder gesucht werden sollen. Und siehe da - nun hat PTGui sogar sehr viele Kontrollpunkte am Teppichboden setzen können (siehe Abbildung 6.12). Bei diesem Teppichboden war das relativ einfach. Es gibt jedoch Situationen, in denen PTGui selbst keine Punkte finden kann. Dann muss man selbst Punkte setzen.

PTGui hat immer dann Probleme, wenn entweder keine Strukturen vorhanden sind (wie z.B. bei blauem Himmel oder einer weißen Wand) oder, wenn sich Strukturen wiederholen (wie z.B. akustische Dämmplatten mit lauter kleinen Löchern, Fliesen, Gitter etc.). Ein Tipp in solchen Fällen: Bei Böden dieser Art lege ich ein paar Cent-Münzen rund um den Stativ-Standort auf den Boden. Damit schaffe ich künstlich ein paar Punkte, die PTGui zum Setzen von Kontrollpunkten verwenden kann. Diese Münzen sind in Photoshop sehr einfach zu entfernen und sparen mir viel sonstige Arbeit, wenn PTGui keine, oder bloß falsche Punkte finden kann (außerdem bereitet man den Kindern hinterher große Freude, wenn man die Münzen „versehentlich“ liegen lässt ;-).

Jeweils nach dem manuellen Setzen bzw. dem automatischen Generieren von Kontrollpunkten muss der Optimizer erneut gestartet werden.

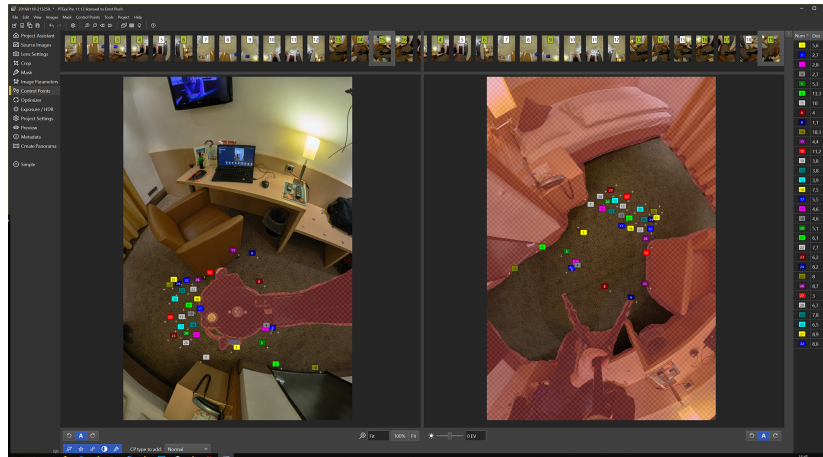
Da das Nadir-Bild jenes Bild im gesamten Panorama ist, welches garantiert mit Parallaxenfehlern behaftet ist, möchte ich es möglichst nur für jene Stellen verwenden, die auf den anderen Bildern vom Stativ verdeckt wurden. Deshalb setze ich bei *Image Parameters* in der Spalte *Blend Priority* für dieses Bild einen Wert deutlich kleiner als 100 - siehe Abbildung 6.13.

Ich erstelle mir eine Voransicht, um nach immer noch vorhandenen Mängeln zu suchen. Entdecke ich welche, muss ich in diesen Bereichen nach Kontrollpunkten mit großen Distanzen suchen, eventuell manche Kontrollpunkte löschen oder Neue setzen. Diesen Vorgang habe ich ja bereits im vorigen Kapitel beschrieben.

Um es kurz zu machen - mein Panorama-Adapter war offenbar korrekt justiert und ich konnte mich über ein Kugelpanorama ohne sichtbare Fehler freuen.

6 Fortgeschrittene Anwendung

Abbildung 6.12: Gute Kontrollpunkte im Nadir-Bild



20160118-213258 - PTGui Pro 11.13 licensed to Ernst Pich

	Image	Warped	Yaw	Pitch	Roll	Exposure	Aperture	ISO	EV	Exp. offset	WB red	WB green	WB blue	Flare	Blend Priority	VP X	VP Y	VP Z	VP Pan	VP Tilt
14			-117,2	-60,7	0,2	1,6		200	0	-0,05	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
15			-55,9	-60,9	-1,4	1,6		200	0	-0,01	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
16			5	-60,4	-2,4	1,6		200	0	0,007	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
17			64,6	-59,7	-2,1	1,6		200	0	-0,05	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
18			123,3	-59,4	-0,5	1,6		200	0	0,1	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
19			155,9	-81,4	20,6	1,6		200	0	-0,2	0	0	0	0	20	-0,06	0,02	-0,008	3,9	-5,2

Abbildung 6.13: Verminderte Priorität des Nadir-Bildes

Nachbearbeitung von Nadir und Zenit

Wer häufiger Kugelpanoramen erstellt, wird immer wieder damit konfrontiert werden, dass Nadir und/oder Zenit nachbearbeitet werden müssen. Im Zenit befindet sich häufig nur ein blauer Himmel, sodass man sich dieses Bild ganz einfach sparen möchte und die fehlende Stelle lieber später mit einem Bildbearbeitungsprogramm wie Photoshop füllt. Im Nadir befindet sich vielleicht auch eine Bildlücke oder das Bodenbild wurde wegen Parallaxenfehler nicht sauber eingefügt. Oder man möchte sein eigenes Logo an dieser Stelle platzieren. Wie dem auch sei - die Bearbeitung von Nadir und Zenit im fertigen Panorama ist einfach so nicht möglich. Durch die equirectangulare Projektion sind Nadir und Zenit völlig verzerrt dargestellt, was eine Bearbeitung mit Photoshop unmöglich macht.

Was kann man tun? - Man platziert Nadir und Zenit im Bild so, dass sie sich an Stellen befinden, wo möglichst keine Verzerrungen vorhanden sind. So wird das Panorama exportiert, in Photoshop bearbeitet und anschließend mit Hilfe von PTGui wieder in die ursprüngliche Form zurück verwandelt - jetzt aber mit retuschiertem Nadir und Zenit. Das Ergebnis wird nun abermals exportiert, womit man ein vollständiges Kugelpanorama erhält.

Da wir inzwischen schon wissen, wie man ein Panorama erstellt, spare ich mir den Anfang und beginne dort, wo es interessant wird. Abbildung 6.14 zeigt den Panorama-Editor mit einem fast vollständigen Kugelpanorama. Leider fehlt hier der Boden (Nadir). Dieser soll mit Hilfe von Photoshop ergänzt werden.

Um den Boden in die Mitte des Bildes zu rücken, öffne ich den Bereich *Numerical transform* - siehe Abbildung 6.15. Bei *Roll* trage ich den Wert 90° ein und klicke auf *Apply*.

Nadir und Zenit befinden sich nun beide schön nebeneinander und lassen sich mit Photoshop bearbeiten. Das Bild kann nun mittels *Create Panorama* exportiert werden. Als Dateiformat sollte man hier NICHT „jpeg“ verwenden, weil das ein Format ist, welches mit jeder Abspeicherung neu komprimiert wird und an Qualität verliert. Ich verwende am liebsten TIFF. Nach dem Export des Bildes kann ich PTGui schließen (das Projekt habe ich vorher schon gespeichert).

Nachdem ich den fehlenden Bereich mit Hilfe der Photoshop-Funktion „Inhaltsbasiertes Füllen“ retuschiert habe, starte ich erneut PTGui und importiere die retuschierte Bilddatei - siehe Abbildung 6.16.

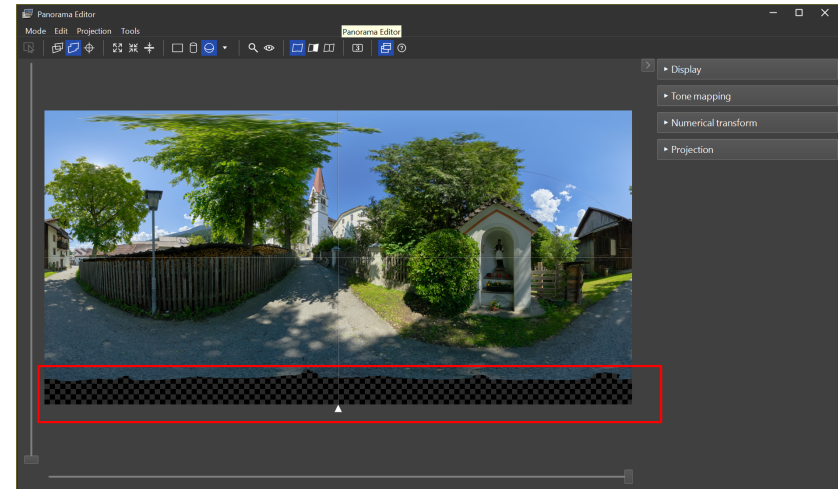


Abbildung 6.14: Panorama mit fehlendem Nadir-Bild

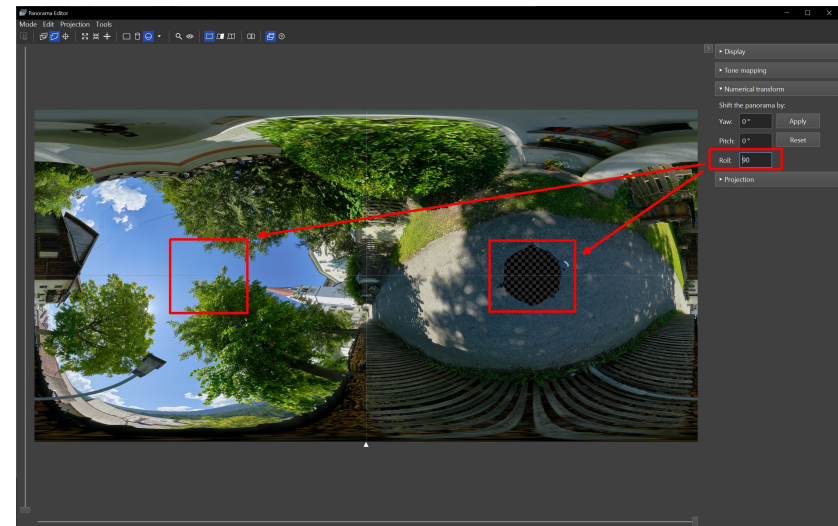


Abbildung 6.15: Schwenk nach unten zum Nadir

Um das Bild wieder an die ursprüngliche Position zu rücken, muss der vorherige Wert mit entgegengesetztem Vorzeichen eingetragen werden. Ich trage also bei *Roll* den

6 Fortgeschrittene Anwendung

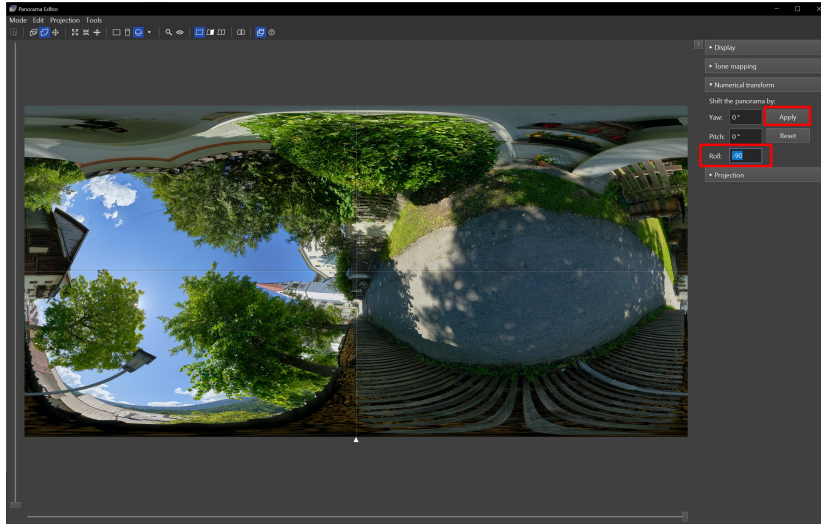


Abbildung 6.16: Retuschiertes Bild

Wert -90 ein und klicke auf *Apply*. Nadir und Zenit befinden sich wieder an der ursprünglichen Position und das Panorama kann nun endgültig exportiert werden - siehe Abbildung 6.17.

Nachbearbeitung von Nadir und Zenit - Alternative Methode

Ist die Fläche im Zenit und/oder Nadir, welche ausgebessert werden muss, relativ klein, bietet sich eine andere Methode zur Bearbeitung an. Ich bevorzuge diesen zweiten Weg sogar, wenn möglich, weil er schneller und mit weniger Mausklicks zum Ziel führt.

PTGui ist in der Lage, ein Kugelpanorama in Form von sechs Würfelflächen darzustellen. Diese können dann sehr einfach in einem Bildbearbeitungsprogramm editiert werden. Man findet das Werkzeug unter *Tools Convert to cube faces* - siehe Abbildung 6.18.

Nach der Auswahl dieses Menüpunktes, erscheint ein neues Fenster. Mittels Mausklick auf das + Symbol, wählt man die zuvor erstellte Panorama-Bilddatei. Handelt es

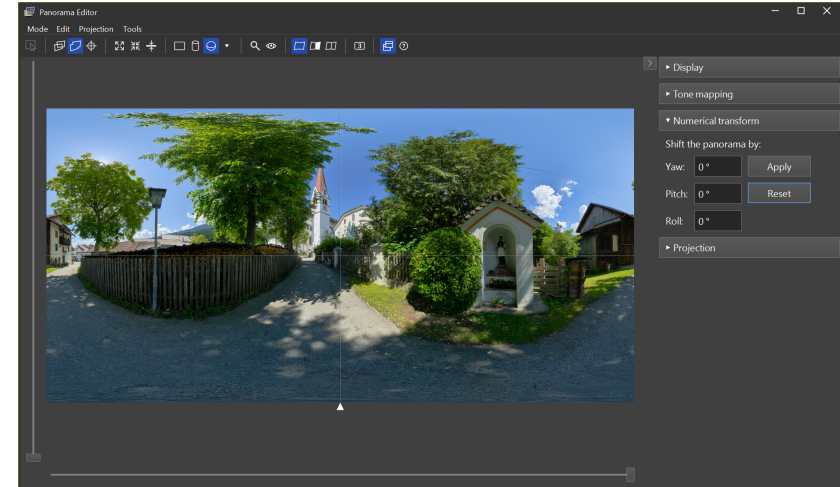


Abbildung 6.17: Fertig retuschiertes Panorama

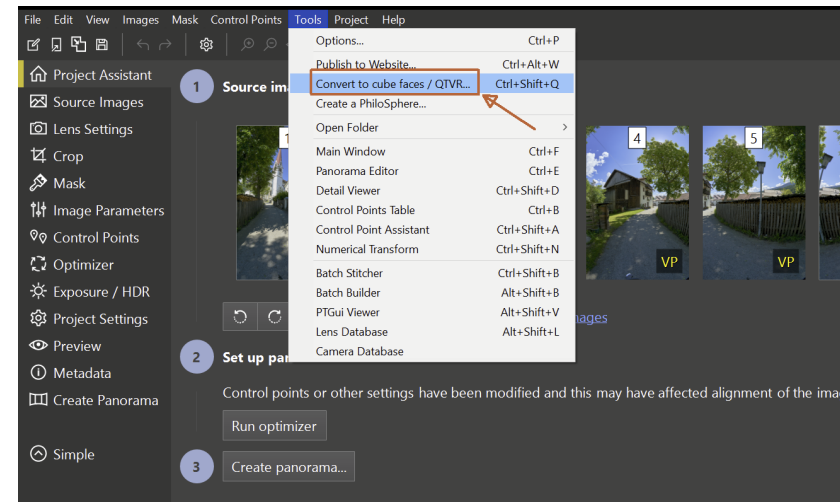


Abbildung 6.18: Konvertierung in Würfel

sich um ein volles equirektanguläres Kugelpanorama, sind keine weiteren Änderungen nötig. Man kann sofort auf *Convert* klicken - siehe Abbildung 6.19.

Im selben Verzeichnis, wo sich das geladene Kugelpanorama befindet, wurden nun 6

6 Fortgeschrittene Anwendung

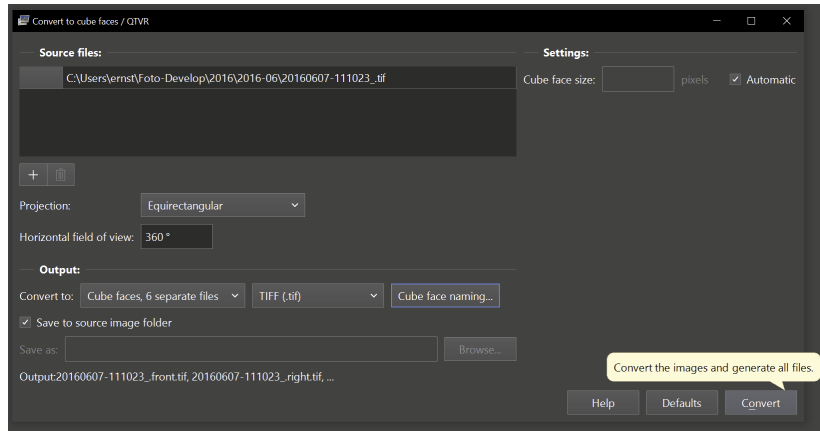


Abbildung 6.19: Export der Würfelflächen

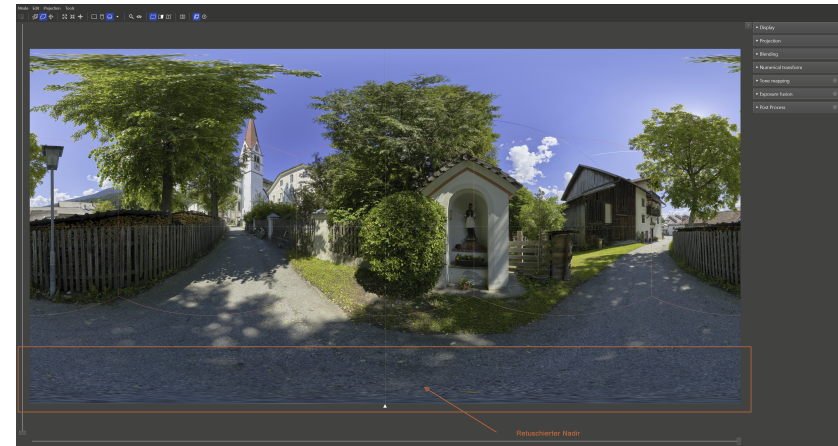


Abbildung 6.21: Panorama mit korrigiertem Nadir

quadratische Bilder erstellt - siehe Abbildung 6.20. Diese können nun im Bildverarbeitungsprogramm (z.B. Photoshop) editiert werden. Das Nadir-Bild trägt standardmäßig das Wort *bottom* im Namen, den Zenit findet man im Bild *top*. Die editierten Bilder speichert man unter demselben Namen ab.

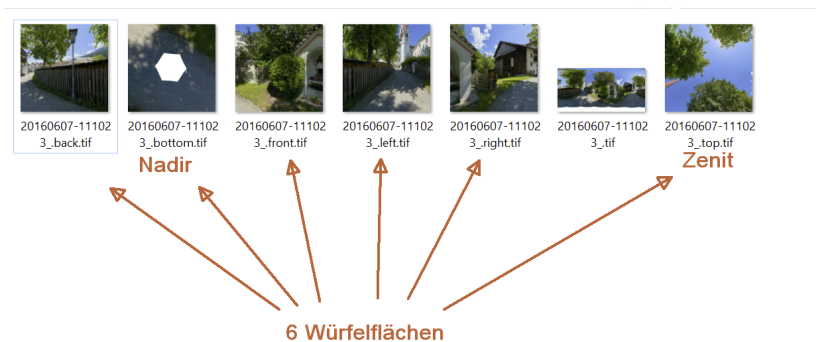


Abbildung 6.20: Bilddateien der Würfelflächen

Nun lädt man alle 6 Einzelbilder in PTGui. Und zwar genau so, als würde man ein neues Panorama erstellen wollen. Das komplette Panorama wird automatisch vollständig zusammengefügt, wie im Panorama-Editor zu sehen ist - siehe Abbildung 6.21.

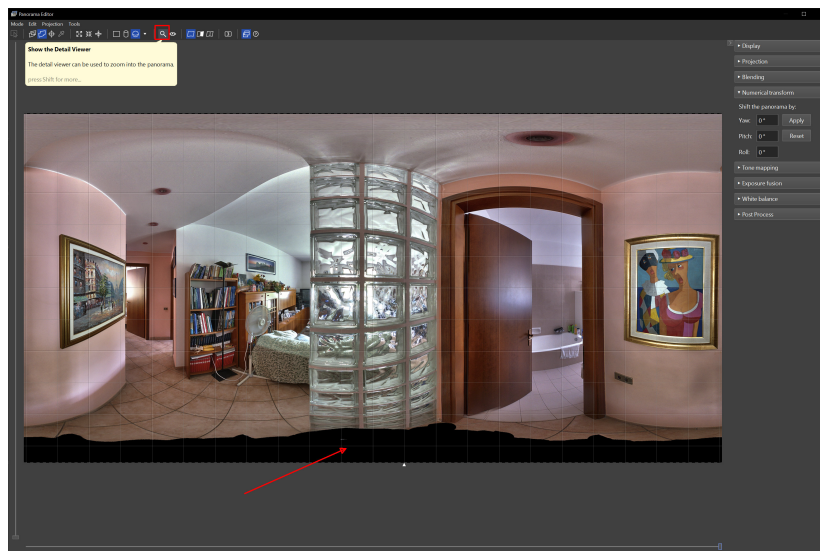
Dieses fertige Panorama muss nun bloß auf bekannte Art und Weise mittels *Crea-*

te Panorama exportiert werden. Gegenüber der zuvor beschriebenen Vorgangsweise erspart man sich das Verschieben mittels *Numerical transform* vor und nach der Bearbeitung. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Einzelbilder wesentlich kleiner sind, als das gesamte Panorama. Die Bearbeitung kann bei knapp bemessener PC-Hardware eventuell auch beschleunigt werden.

Nachbearbeitung von Nadir und Zenit ab Version V13

Eine von mir lange ersehnte Funktion wurde mit der Version 13 implementiert. Nun ist es möglich, Nadir, Zenit oder auch andere Bereiche im Panorama direkt aus PTGui heraus zu retuschieren. Das vereinfacht den Prozess sehr und spart viel Zeit.

Die „Patch“-Funktion wurde in den *Detail Viewer* eingebaut. Dieser kann ganz einfach über das Lupen-Symbol im *Panorama Editor* geöffnet werden.



Im obigen Beispiel-Panorama befindet sich anstelle einer Nadir-Aufnahme nur ein schwarzer Fleck. Dieser soll mittels Retuschierung gefüllt werden. Sobald der *Detail Viewer* geöffnet ist, kann der Bildausschnitt durch einen einzigen Klick auf das Pfeilsymbol nach unten geschwenkt werden.



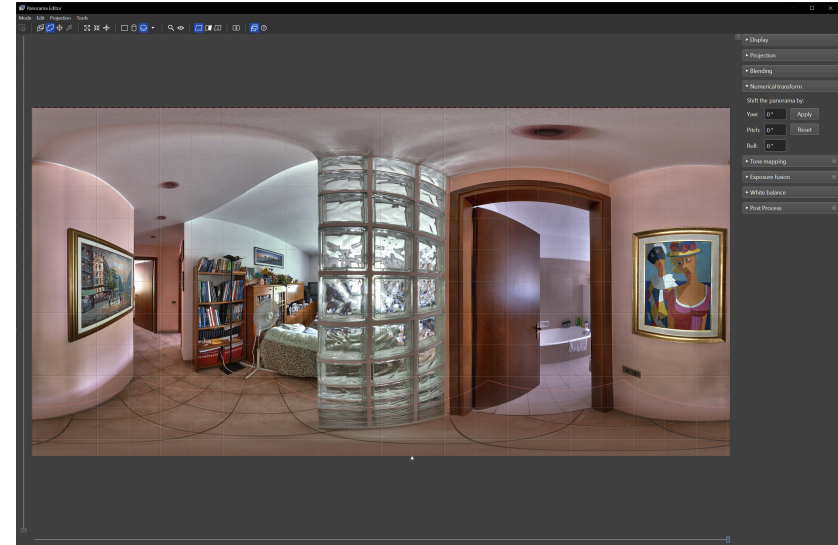
Es kommt vor, dass man noch eine Warnmeldung erhält, welche jedoch einfach nur bestätigt werden muss.



PTGui stellt selbst den „Patch Editor“ zur Verfügung. Aber gerade für Bodenflächen mit exakten geometrischen Mustern verwende ich lieber ein „ausgewachsenes“ Bildbearbeitungsprogramm, wie z.B. Photoshop. Ich bin kein großer Freund von gänzlich mit künstlicher Intelligenz generierten Bildern, aber für die Retusche von Bildern wie hier

6 Fortgeschrittene Anwendung

zum Beispiel, erleichtert KI die Arbeit enorm. Dank KI können kleine Parallaxenfehler beim Zusammensetzen der Einzelbilder oft sehr rasch behoben werden.



Sobald das mit Photoshop retuschierte Bild abgespeichert wurde, erscheint die korrigierte Version auch sofort im Detail Viewer von PTGui.



Auch die Gesamtansicht im Panorama Editor wird automatisch angepasst und das Endergebnis kann als fertiges Panorama exportiert werden.

7 Korrektur von Verzerrungen

PTGui ist ein Werkzeug, welches für die Herstellung von Panoramen durch Zusammensetzen von Einzelbildern gedacht ist. Die Eigenschaften dieses Programmes können aber auch sehr gut für die Korrektur von Verzerrungen benützt werden. Deshalb ist PTGui für mich auch dann ein ständiger Begleiter, wenn ich in einer Aufnahme perspektivische Verzerrungen korrigieren oder Tonnen- bzw. Kissen-förmige Objektivverzeichnungen eliminieren möchte.

Perspektivische Verzerrung

Vor allem bei Architektur-Aufnahmen stören Verzerrungen ganz besonders. Durch gute Wahl des Aufnahmestandpunktes und/oder Verwendung eines Tilt-Shift-Objektives lassen sich perspektivische Verzerrungen verhindern. Weder das eine noch das andere ist aber immer verfügbar. Ein Tilt-Shift-Objektiv ist sehr speziell, erfordert Stativ und exakte Einstellung bei der Aufnahme und ist nicht gerade billig. Es kann auch sein, dass der ideale Punkt für eine unverzerrte Aufnahme nicht zugänglich ist oder dass der Fotograf in der spiegelnden Glasfassade sichtbar wäre. Wie auch immer - es passiert immer wieder, dass eine sehr ansprechende Aufnahme gelungen ist, diese jedoch perspektivische Verzerrungen aufweist.

Photoshop bietet für diese Zwecke die sehr zuverlässig funktionierende *Perspektivische Verformung* oder das *Perspektivische Freistellungswerkzeug* an. Man zieht mit der Maus ein Rechteck auf und mit wenigen Mausklicks werden die Kanten des Rechteckes exakt horizontal bzw. vertikal ausgerichtet. Dabei werden auch perspektivische Verkürzungen gleich mit berücksichtigt. Ein geniales Werkzeug - jedoch bei manchen Motiven nicht einfach anzuwenden.

Es gibt nämlich nicht selten Gebäude (das trifft bei sehr alten Gebäuden öfter zu als bei modernen Glasfassaden wie im folgenden Beispiel), an denen man keine Ecken eines Rechteckes finden kann. Es existieren zwar horizontale und vertikale Linien, aber diese reichen manchmal auf beiden Seiten ungleich weit. Um eine Ecke zu finden, müsste

man die Linien in Gedanken fortsetzen und den Eckpunkt schätzen oder mit Lineal oder Papier am Bildschirm herum hantieren.

PTGui löst dieses Problem und man benötigt dafür kaum mehr Zeit als mit Photoshop. PTGui verlangt nämlich keine Eckpunkte, sondern nur jeweils zwei vertikale und zwei horizontale Linien. Diese lassen sich in der Regel einfacher finden. Auch PTGui korrigiert perspektivische Stauchungen sehr exakt, ist das doch eine zwingend erforderliche Funktion, um Einzelbilder korrekt zu einem Panorama zusammenfügen zu können.



Abbildung 7.1: Hochhaus-Fassade mit perspektivischer Verzerrung

Abbildung 7.1 zeigt die Fassade eines Hochhauses. Da ich mich bei der Aufnahme nicht auf gleicher Höhe befand, treten perspektivische Verzerrungen auf. Hilfslinien im Bild zeigen, wie die Kanten der Glasfenster verlaufen sollten.

7 Korrektur von Verzerrungen

Wie schon erwähnt, müssen Kontrollpunkte für je zwei senkrechte und je zwei waagrechte Linien gesetzt werden. Diese Glasfassade bietet jede Menge an Möglichkeiten, solche Linien zu finden. In Abbildung 7.2 habe ich im linken Fenster die Linien nachträglich farblich markiert, wofür ich Kontrollpunkte gesetzt habe. Da nur ein einzelnes Bild in PTGui importiert wird, wird als Kontrollpunkt-Type (unten links ... *CP type to add*) bereits *Vertical Line* angeboten. Bevor man die Kontrollpunkte für horizontalen Geraden setzt, darf man nicht vergessen, an dieser Stelle auf *Horizontal Line* umzuschalten.

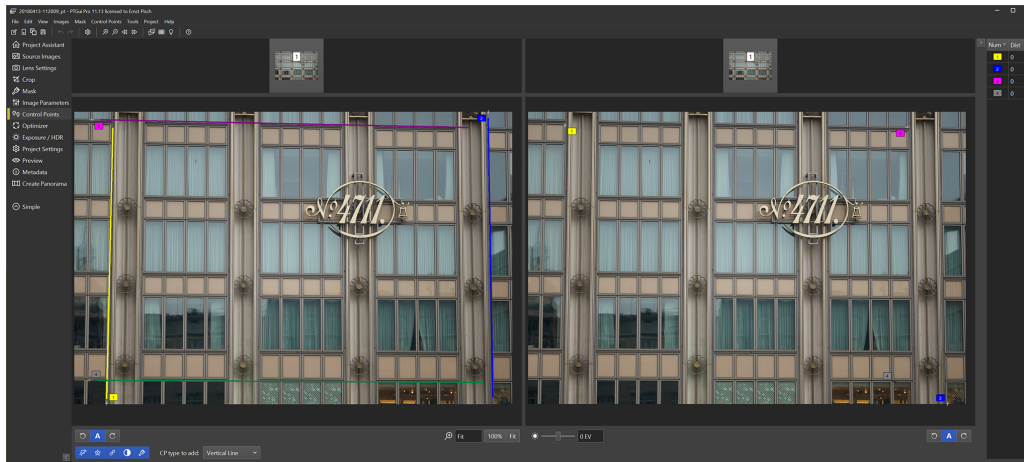


Abbildung 7.2: Kontrollpunkte für die Korrektur der perspektivischen Verzerrung

Sind alle 8 Punkte gesetzt, so wechselt man zum *Optimizer*. Da die Voreinstellungen für die Erstellung eines Panoramas aus Einzelbildern gedacht sind, müssen wir hier ein wenig anpassen (siehe Abbildung 7.3). In der Zeile der globalen Einstellungen benötigen wir nur *FOV / Focal Length*. Die Werte *a*, *b* und *c* benötigen wir an dieser Stelle nicht - das soll uns erst bei unserer nächsten Aufgabe beschäftigen. Zu beachten ist auch die Änderung der Standardeinstellung bei *Hor / vert control points*. Sind alle Häkchen und Werte wie im Screenshot markiert gesetzt, so klicken wir auf *Run Optimizer*.

Wenn alles richtig gemacht wurde, sollte nun im Panorama-Editor bereits ein korrigiertes Bild zu sehen sein (siehe Abbildung 7.4). Ist kein Bild zu sehen, dann die Tastenkombination (unter Windows) <Strg>+<Shift>+<F> drücken, den Menüpunkt *Edit -> Fit Panorama* oder das entsprechende Symbol in der Symbolleiste

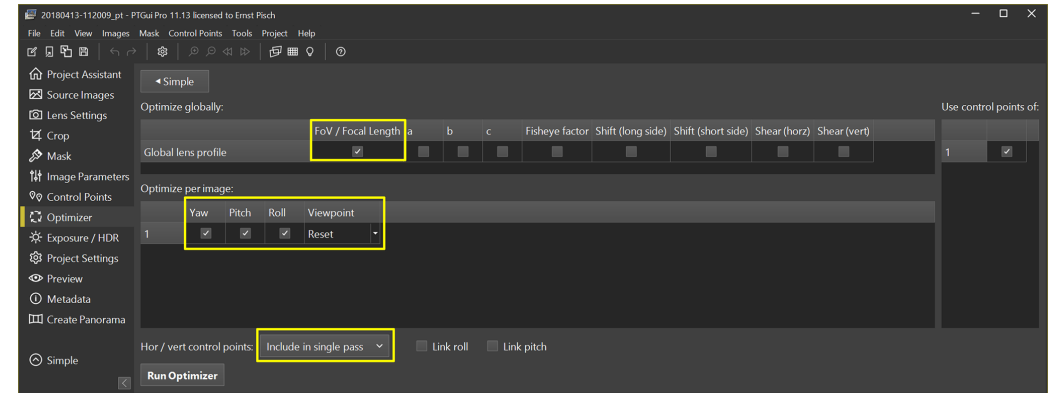


Abbildung 7.3: Optimizer-Einstellungen für die Perspektiven-Korrektur

klicken. Erscheint eine Fehlermeldung oder dass das Ergebnis sehr schlecht sei, dann fallen mir zwei Ursachen dafür ein:

Entweder wurde beim Setzen der Kontrollpunkte für die vertikalen und horizontalen Linien ein Fehler gemacht - vielleicht wurde die falsche Kontrollpunkt-Type gewählt oder es wurden versehentlich Punkte gesetzt, welche eigentlich zwei verschiedenen Linien angehören. Oder die Verzerrung ist so massiv, dass PTGui nicht in der Lage war, Werte für eine Verbesserung zu finden. Dann kann man dem Optimizer helfen, indem man das Bild mit der Maus an die Stelle verschiebt, an der das Bild einigermaßen korrigiert aussieht. Auf diese Art lassen sich extrem verzerrte Aufnahmen auch noch korrigieren - ein solches Beispiel habe ich in meinem Tutorial für ältere PTGui-Versionen gezeigt.

In der Praxis wird man kaum so extreme Verzerrungen vorliegen haben, sodass PTGui mit großer Wahrscheinlichkeit keine manuelle Hilfe benötigt. Man sollte ja ohnehin schon bei der Aufnahme einen möglichst guten Standort wählen und bedenken, dass jede Entzerrung eine Verminderung der Bildqualität zur Folge hat. Stark gestreckte Bildbereiche leiden dann an verminderter Auflösung und Schärfe.

Das Ergebnis im Beispiel kann sich sehen lassen (Abbildung 7.5) - die Kanten sind perfekt ausgerichtet. Abweichungen sind wirklich nur durch bauliche Ungenauigkeiten bedingt. Zu bemerken ist auch, dass das hier verwendete Objektiv offenbar auch keinerlei Verzerrungen aufweist.

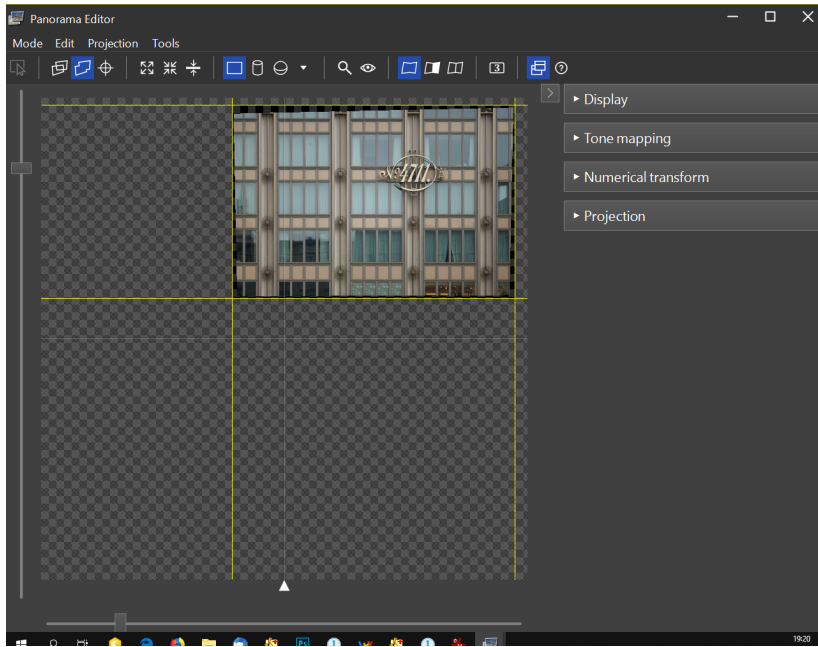


Abbildung 7.4: Perspektivenkorrektur - Panorama Editor

Objektiv-Verzerrung

Befinden sich Kanten oder Linien in der Nähe des Bildrandes, so fallen Tonnen- oder Kissen-förmige Verkrümmungen sehr störend auf. Derartige Abbildungsfehler treten vor allem bei der Verwendung von Zoom-Objektiven auf - selbst bei hochwertigen Optiken. Photoshop, die meisten RAW-Konverter und sonstige Bildbearbeitungsprogramme können solche Verzerrungen korrigieren. Manchmal sogar mit nur einem Mausklick, wenn Kamera und Objektiv anhand der EXIF-Daten erkannt und passende Korrekturwerte in einer Datenbank gefunden werden können. Verwendet man Objektive von „Fremdherstellern“, so existieren jedoch häufig keine solchen Korrekturdaten.

Sobald man einmal ein Panorama mit PTGui erstellt hat, wurden die erforderlichen Korrekturwerte von PTGui bereits ermittelt. Diese können in einer Datenbank gespeichert und bei Bedarf auch für die Korrektur von Einzelbildern angewandt werden. Man findet diese Werte und die Datenbank bei den Lens Settings. Werte, welche im Zuge eines kompletten Kugelpanoramas errechnet wurden, sind extrem genau und er-



Abbildung 7.5: Korrigiertes Bild

möglichen eine nahezu perfekte Korrektur der Objektiv-Verzerrung. Deshalb habe ich mir für die von mir im Zusammenhang mit Architekturfotos verwendeten Objektive Korrekturwerte in PTGui's Datenbank gespeichert.

Existiert kein solcher Korrekturwert auf der Basis eines bereits erstellten Panoramas, so ist es dennoch möglich mit PTGui verkrümmte Geraden zu korrigieren.

Abbildung 7.6 zeigt ein Bild, welches ich mit meinem Zoom-Objektiv aufgenommen hatte. Wie man erkennen kann, zeigt es bei der verwendeten Brennweite eine deutliche Kissen-Verzerrung. Um diese Verkrümmung korrigieren zu können, ist folgendes zu tun:

Man wählt unter *CP Type to add* den Eintrag *New Line*. Nun sucht man sich eine Kante im Bild, welche nahe am Rand des Bildes verläuft. In meiner Aufnahme bieten sich gleich mehrere mögliche Linien an. Ich entscheide mich für den weißen Stahlträger, welcher horizontal am oberen Ende des Bildes verläuft und für den senkrechten Stahlträger auf der linken Seite. Da Objektiv-Verzerrungen üblicherweise symmetrisch auftreten, genügt auch die Wahl einer einzigen Linie. Da ich hier aber zwei so schön im rechten Winkel zueinander stehende Geraden finden kann, nehme ich beide. Die Korrektur wird aber nicht besser, wenn man möglichst viele Linien und Korrekturpunkte erfasst. Lieber wenige Punkte und diese dafür möglichst exakt gesetzt.

7 Korrektur von Verzerrungen

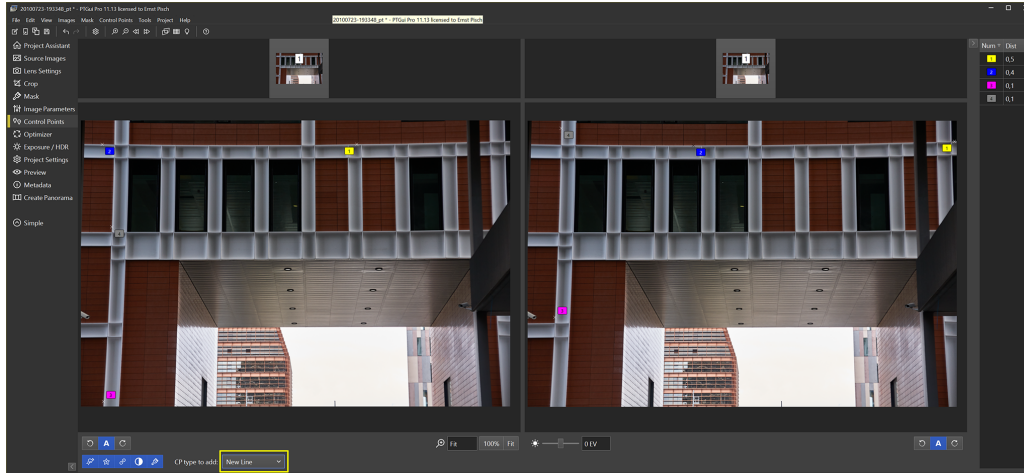


Abbildung 7.6: Aufnahme mit Kissen-förmigem Abbildungsfehler

Ich suche mir am waagrechten Stahlträger 4 Stellen - möglichst über die gesamte Länge verteilt - aus, wo ich meine Kontrollpunkte setzen möchte. Den ersten Kontrollpunkt setze ich im rechten Fenster ganz rechts im Bild. Dazu vergrößere ich den Bildausschnitt mit Hilfe des Mauseisens. Sobald ich den zweiten Kontrollpunkt im linken Fenster (immer abwechselnd im linken und rechten Fenster!) setze, wechselt die Anzeige unten von *New Line* auf *Line 1*. Alle weiteren Kontrollpunkte, die ich setze, werden der *Linie 1* zugeordnet.

Bevor ich die Kontrollpunkte für den senkrechten Stahlträger setze, muss ich erneut *New Line* wählen. Sonst würden ja auch diese Punkte der Linie 1 zugeordnet werden und für großes Chaos bei der Berechnung der Korrekturwerte sorgen. Die nun gesetzten Kontrollpunkte werden der *Linie 2* zugeordnet.

Das Ergebnis kann ich in der Tabelle der Kontrollpunkte (Abbildung 7.7) begutachten. ACHTUNG - es passiert sehr leicht, dass man vor dem Definieren einer neuen Geraden vergisst *New Line* zu wählen. Solche Fehler können in dieser Tabelle relativ rasch entdeckt werden.

Sind die Kontrollpunkte gesetzt, wechselt man wiederum in den Optimizer - Abbildung 7.8. Da wir nur die Objektiv-Verzerrungen korrigieren wollen, setzen wir die Haken auch nur bei den Werten *a*, *b* und *c*. Alle anderen Haken können entfernt und die Einstellung bei *Hor / vert control points* auf dem Standardwert *Level in second pass*

Image	Image	Num	Type	Distance Δ
1	1	1	Line 1	0,5
1	1	2	Line 1	0,4
1	1	3	Line 2	0,1
1	1	4	Line 2	0,1

Abbildung 7.7: Tabelle der Kontrollpunkte

belassen werden. Nach Klick auf *Run Optimizer* erscheint auch (hoffentlich) schon die Meldung *This is too good to be true*.

Zuletzt noch ein Mausklick auf *OK* und im Panorama Editor wird auch schon das korrigierte Bild angezeigt.

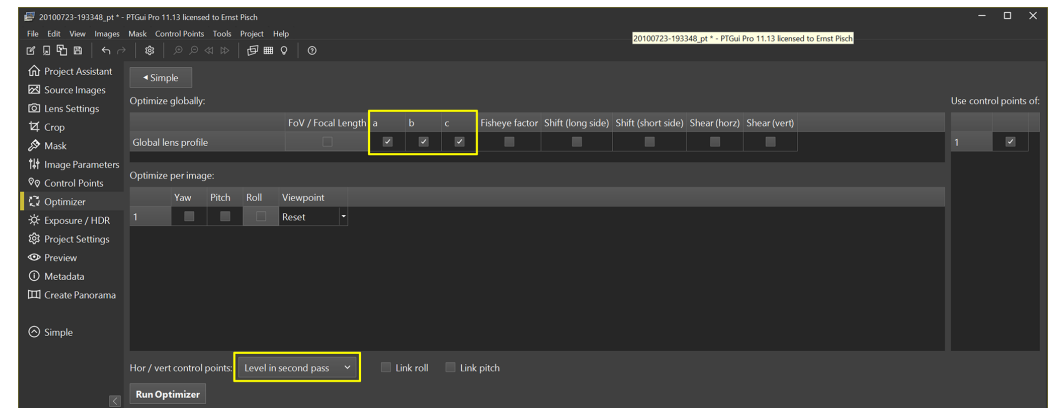


Abbildung 7.8: Optimizer-Einstellung für Korrektur der Objektiv-Verzeichnung

In den meisten Fällen wird es jedoch so sein, dass man nicht nur die Objektiv-

7 Korrektur von Verzerrungen

Verzerrung beseitigen, sondern auch zugleich die Perspektive korrigieren will. In diesem Fall benötigt man, wie im vorigen Beispiel gezeigt, auch noch Kontrollpunkte für je zwei senkrechte und zwei waagrechte Linien. Dann jedoch muss man im Optimizer die Einstellungen so wählen, wie in Abbildung 7.9 zu sehen ist.

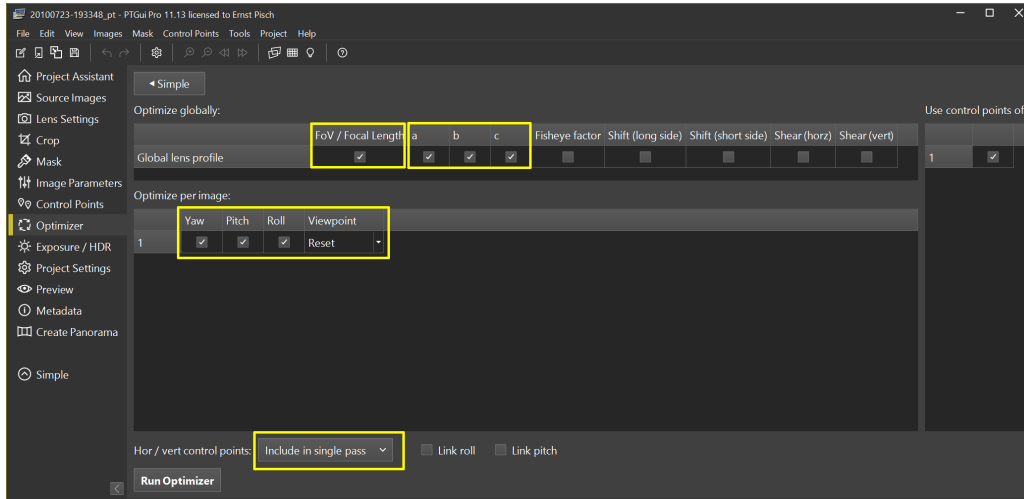


Abbildung 7.9: Optimizer-Einstellung für vollständige Korrektur

Das vollständig korrigierte Bild ist in Abbildung 7.10 zu sehen. Es sind absolut keine Verkrümmungen mehr zu erkennen und das Bild ist perfekt horizontal und vertikal ausgerichtet, wie an den eingefügten Hilfslinien zu sehen ist. Lediglich die Kante der mit Leuchten besetzten Decke des Durchganges hängt ganz leicht durch - dabei dürfte es sich jedoch um eine Verformung der verwendeten Paneele handeln.



Abbildung 7.10: Aufnahme nach der Korrektur

Perspektivenkorrektur mit Augenmaß

Wir haben nun gesehen, wie man mit wenigen Mausklicks exakt senkrecht ausgerichtete Fotos produzieren kann. Korrigiert man Architekturaufnahmen, welche mit einem starken Weitwinkelobjektiv aufgenommen wurden, fällt das Ergebnis dennoch oft enttäuschend aus. Das Beispiel in Abbildung 7.11 zeigt einen solchen Fall.



Abbildung 7.11: Stark stürzende Linien

Diese italienische Kirche wurde mit einer Brennweite von 15mm (entsprechend 22mm im Kleinbildformat) aufgenommen. Die nach oben gerichtete Kamera hat extrem stürzende, senkrechte Linien zur Folge, welche bei diesem Motiv sehr störend wirken.

Nach der vorhin beschriebenen Methode der Korrektur erhält man Abbildung 7.12.



Abbildung 7.12: Exakt senkrechte Linien

Gebäudewände und Laternen stehen nun exakt senkrecht. Dennoch hat man das Gefühl, dass das Kirchengebäude nach oben hin breiter wird. Der obere Teil des Turmes erscheint zudem in die Länge gezogen und verzerrt. Auch dieses Problem lässt sich mit wenigen Mausklicks beheben (siehe Abbildung 7.13).

Die Korrekturen erfolgen im *Panorama Editor*. Ich öffne zunächst den Panorama Editor und aktiviere das Symbol mit dem Fadenkreuz (*Set Center*). Der *Center Point* ist jener Punkt, welcher sich während der Aufnahme in Augenhöhe bzw. Höhe der Kamera befand. Als wir vorhin *Control Points* auf die senkrechten Linien gesetzt und anschließend den *Optimizer* aktivierten, wurde dieser Punkt errechnet. Hätte ich meine Kamera schon während der Aufnahme auf diesen Punkt ausgerichtet, wären nie

7 Korrektur von Verzerrungen

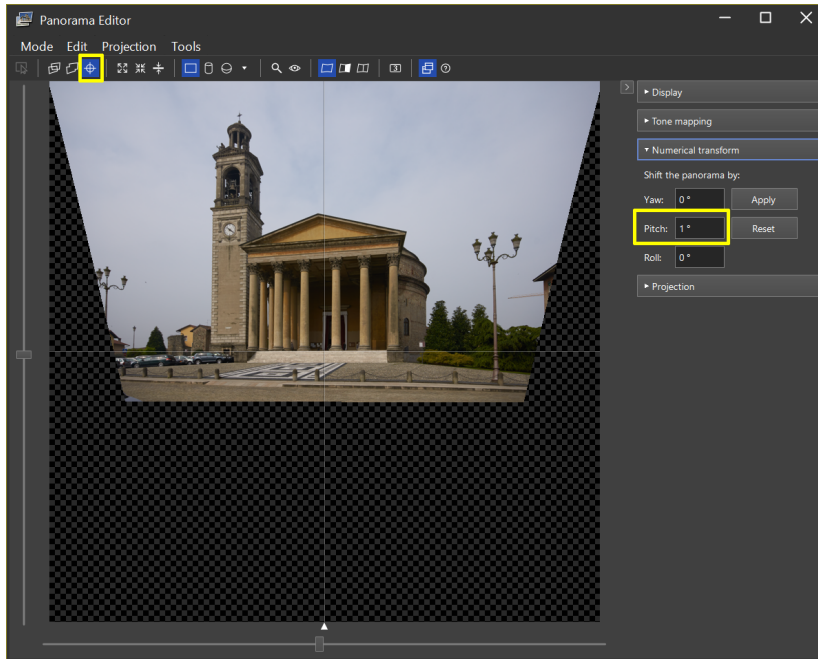


Abbildung 7.13: Setzen des „Center Points“

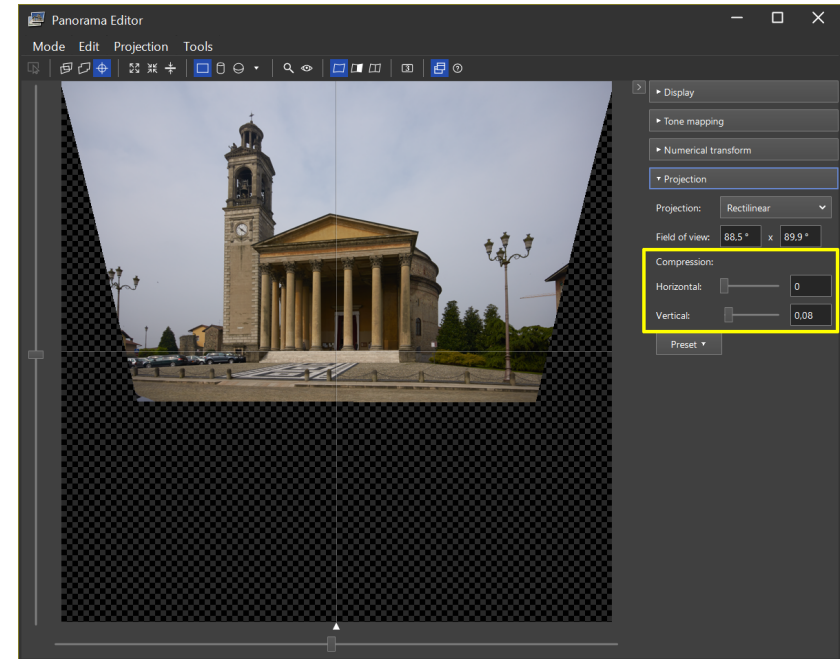


Abbildung 7.14: Vertikal „stauchen“

stürzende Linien entstanden. Allerdings hätte ich auch nicht die komplette Kirche im Sucher Platz gehabt.

Der Trick besteht nun darin, diesen Punkt so weit senkrecht nach oben zu verschieben, bis das Gebäude nach eigenem Empfinden gerade zu stehen scheint. Es genügt ein Klick auf die senkrechte Linie in der Mitte knapp oberhalb des Schnittpunktes mit der waagrechten Linie. Man muss dabei darauf achten, genau auf die senkrechte Linie zu klicken. Trifft man daneben, rückt das gesamte Bild nach links bzw. rechts.

Eine exaktere Methode, um den *Center Point* nach oben zu rücken, befindet sich unter *Numerical transform*. Und zwar trägt man sich einen Winkel von 1° bei *Pitch* ein und klickt so oft auf *Apply* bis die Kirche so aussieht, wie man's sich vorstellt.

Um auch noch den unnatürlich gestreckten Kirchturm zu korrigieren, kann das Bild in der Vertikalen ein wenig gestaucht werden. Das funktioniert, indem man im Feld *Vertical compression* einen Wert zwischen 0 und 1 einträgt. Intuitiver lässt sich dasselbe auch mit einem Schieberegler erledigen, nachdem man im Panorama Editor auf

Projection settings klickt und die *Vertical compression* mit der Maus verändert (siehe Abbildung 7.14).

Am Ende gewinnt man ein stimmiges Bild der Kirche (Abbildung 7.15).

Misst man mit dem Winkelmesser, wird man leicht stürzende Linien feststellen. Offenbar braucht das Auge aber diese „falschen“ Winkel, um ein natürlich wirkendes Bild zu erkennen.



Abbildung 7.15: Ergebnis der subjektiven Korrektur

Transformation von Projektionsarten (Objektivkorrektur - noch einmal)

Hinter diesem sehr wissenschaftlich klingenden Begriff verbirgt sich eine äußerst praktische Funktion.

Angenommen, das Motiv Ihrer Wahl erfordert entweder ein extremes Weitwinkelobjektiv oder viele Aufnahmen, um als zusammengesetztes Panorama den großen Bildwinkel abdecken zu können. Sie können oder wollen aber kein Panorama aus Einzelbildern erstellen. Dann bleibt eventuell nur mehr der Griff zum Fisheye-Objektiv, dessen Ergebnis zeigt aber den typischen „Fisheye-Look“.

Mit PTGui können Bilder, welche von einem Fisheye-Objektiv erzeugt wurden, in ein rektilineares Bild umgewandelt werden. Solange der Bildwinkel nicht allzu groß ist, funktioniert das recht gut. Vielleicht bietet sich auch die Wahl einer anderen Projektionsart an - man kann ja mal experimentieren und die am besten passende wählen.

Dieses Beispiel ist sicher nicht geeignet, um meine Fähigkeiten als Architekturfotograf unter Beweis zu stellen. Aber es zeigt auf eindruckliche Weise die Fähigkeiten von PTGui.

Zwischen mir und dem abzulichtenden Gebäude befand sich nur eine schmale, kaum mehr als einspurige Straße - hinter meinem Rücken war eine Hauswand.

Die Aufnahme erfolgte mit meinem 8mm Fisheye Objektiv von Walimex (baugleich dem Samyang 8mm Objektiv).

Im [PTGui Tutorial für ältere Versionen \(bis einschließlich V10\)](#) hatte ich dieses Anwendungsbeispiel bereits beschrieben. Mit PTGui Version 11 wurden enorme Verbesserungen im Umgang mit Fisheye-Objektiven implementiert. Im Vergleich zu früher erspart man sich einigen Aufwand.

Beim Laden der Bilddatei in PTGui öffnet sich ein Fenster (siehe Abbildung 7.16), da dieses Objektiv keine Daten an die Kamera übermittelt. PTGui kann deshalb nicht feststellen, mit welcher Brennweite das Bild aufgenommen wurde. Der mir bekannte Wert wird eingetragen und bestätigt. PTGui schließt aus der kurzen Brennweite, dass es sich um ein Fisheye-Objektiv handelt und bietet seit Version 11 eine Liste von beliebten Objektivtypen an (Abbildung 7.16). Das von mir verwendete Objektiv existiert in der Liste. Ich wähle es aus und klicke auf *OK*.

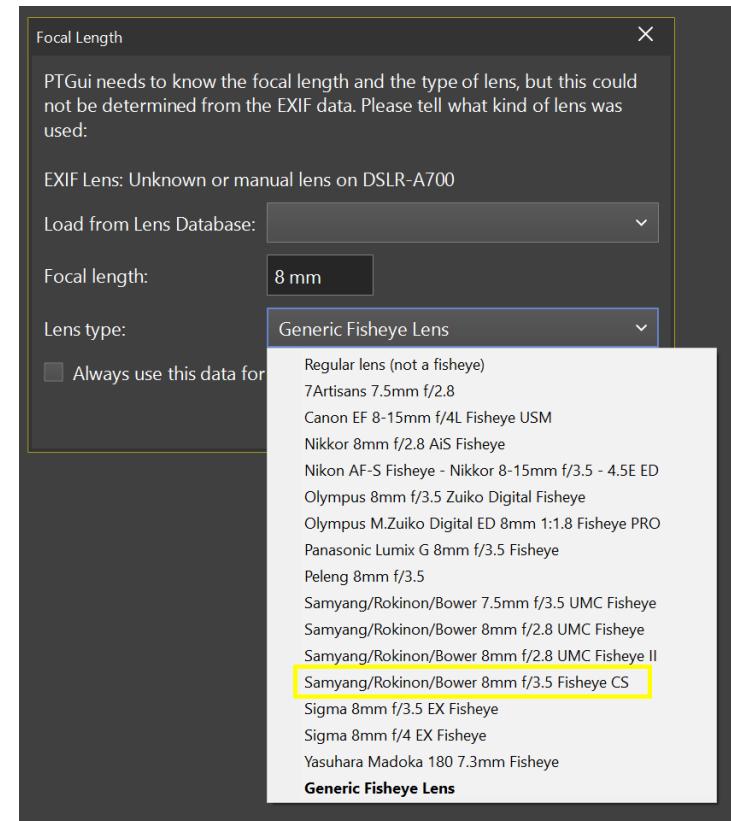


Abbildung 7.16: EXIF-Daten des Objektivs

Anstatt die Objektivtype aus der mitgelieferten Liste von PTGui zu wählen, kann man auch selbst abgespeicherte Korrekturwerte aus der *Lens Database* verwenden.

Das unkorrigierte Bild präsentiert sich im *Panorama Editor* so, wie in Abbildung 7.17 gezeigt (falls *Full frame fisheye* unter *Projection* eingetragen ist). Anhand der Tonnen-förmigen Verzeichnung des Bildes kann man erkennen, dass PTGui bereits selbst eine Korrektur vorgenommen hat. Dies geschah durch die Angabe der Objektiv-Type.

Es kann sein, dass die Projektionsart bereits beim Öffnen des Panorama-Editors auf *Rectilinear* steht. Falls nicht, tragen wir das jetzt ein und sehen sofort eine deutliche

7 Korrektur von Verzerrungen

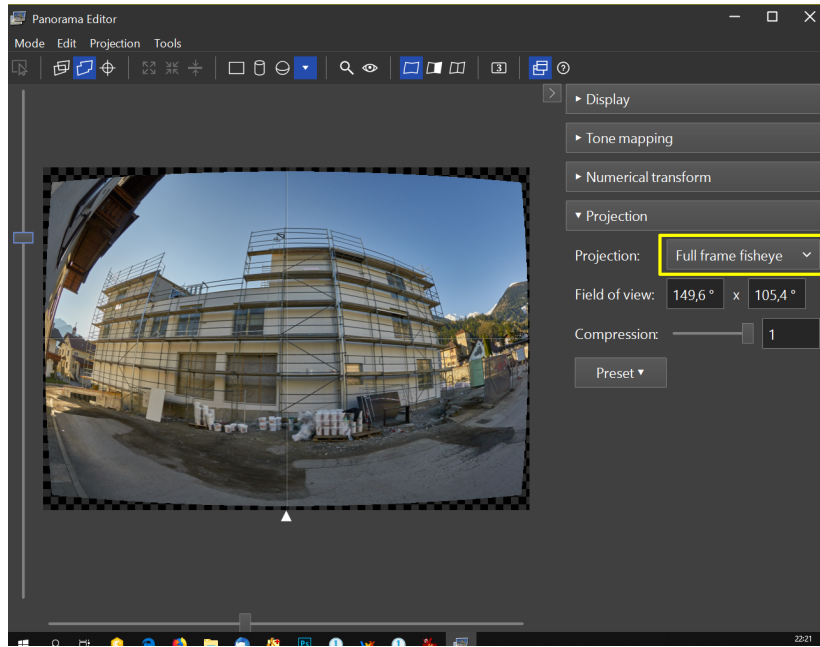


Abbildung 7.17: Unkorrigiertes Fisheye-Bild

Veränderung des Bildes. Alles, was in Wirklichkeit gerade ist, sieht nun auch gerade aus - siehe Abbildung 7.18.

Die stürzenden Linien werden durch Setzen von *Vertical Lines* in der Ansicht *Control Points* gesetzt und anschließend wird mittels *Optimizer* optimiert. Jetzt steht das Gebäude senkrecht und man kann die Beschnittlinien im *Panorama Editor* setzen (siehe Abbildung 7.19).

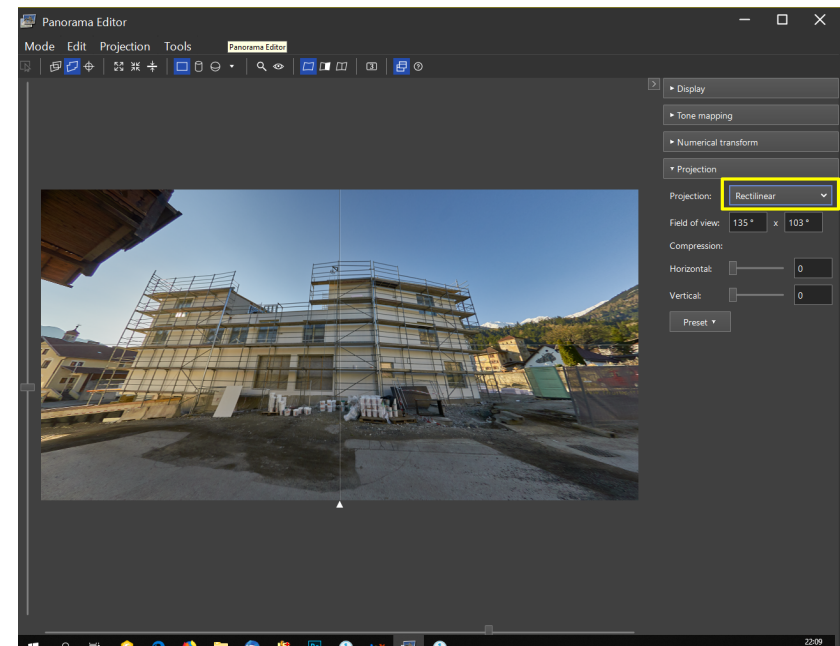


Abbildung 7.18: Rektilineares Bild

7 Korrektur von Verzerrungen

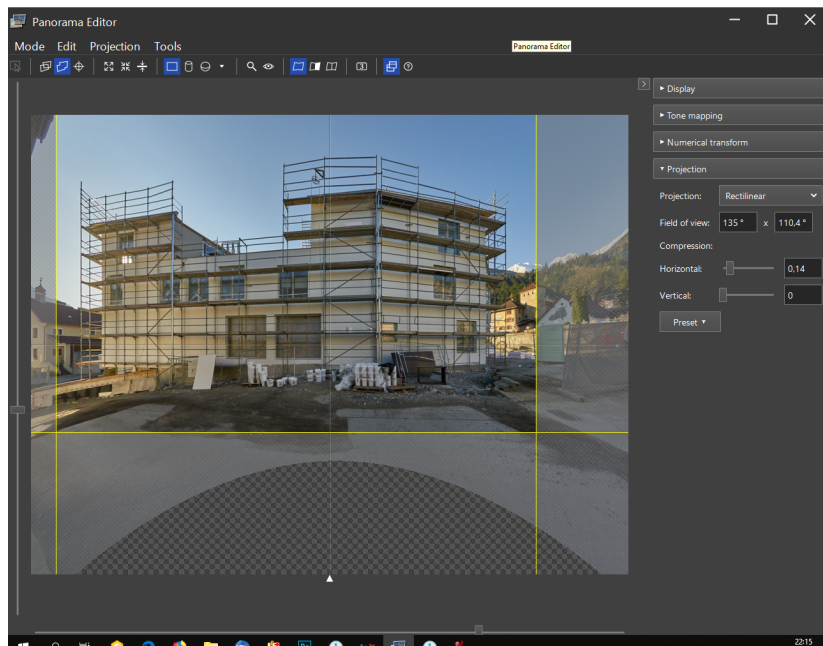


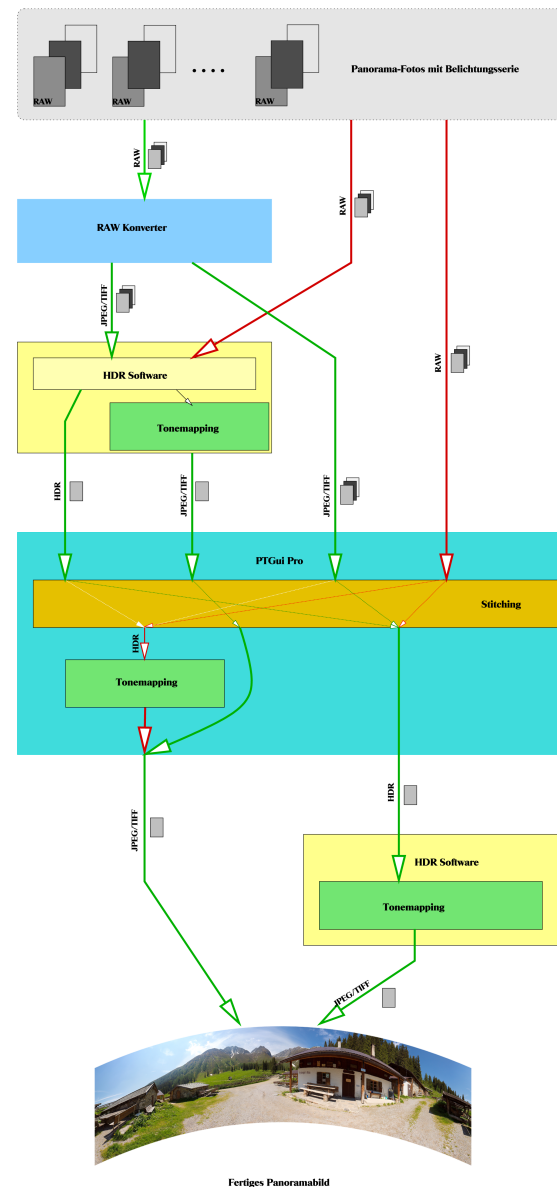
Abbildung 7.19: Nach der Objektivkorrektur

8 HDR - Panorama

PTGui Pro unterstützt das Zusammenfügen von Belichtungsreihen zu einem HDR-Panorama. Zum fertigen HDR-Panorama gibt es mehrere verschiedene Wege.

Das weiter unten dargestellte Flussdiagramm zeigt die möglichen Wege zum Ziel, wobei ich manche davon rot oder grün markiert habe. Die rot markierten Workflows sind meiner Erfahrung nach zu vermeiden.

Ich fotografiere praktisch immer im RAW-Format. Abgesehen vom zusätzlichen Speicherbedarf und dem Zeitaufwand für die nötige Konvertierung sehe ich ausschließlich Vorteile darin. Insbesondere bei hohen Kontrasten gewinne ich mehr Belichtungsspielraum. Nicht selten stellt sich heraus, dass angefertigte Belichtungsreihen gar nicht benötigt werden, weil das RAW-Format ausreichend Bildinformation enthält, um mit dem RAW-Konverter gut belichtetes Bildmaterial auch ohne HDR zu erzeugen. In solchen Fällen kann ich die überflüssigen Aufnahmen einfach wieder entfernen. Ein vergessener Weißabgleich spielt bei der Aufnahme im RAW-Format keine Rolle, da dieser im RAW-Konverter ohne Verluste durchgeführt werden kann. Falls die Aufnahmen direkt im JPEG-Format erfolgen, muss man sich im abgebildeten Diagramm entsprechend weiter nach unten bewegen, um einzusteigen. Man stelle sich die Kamera dann anstelle der blauen Box des RAW-Konverters vor und alle RAW-Pfade würden entfallen.



Nun wollen wir die Bedeutung dieses etwas verwirrenden Diagramms auflösen. Sowohl PTGui Pro als auch die meisten HDR-Programme unterstützen das RAW-Format als Bildquelle. Keines dieser Programme ist jedoch in der Lage die Einstellungsmöglichkeiten eines spezialisierten RAW-Konverters zu ersetzen. Meiner Meinung nach verzichtet man auf die besonderen Vorteile des RAW-Formates, würde man die Konvertierung durch den RAW-Konverter umgehen. Deshalb beginnt mein Workflow immer mit dem RAW-Konverter.

Weiters ist ersichtlich, dass das Zusammenfügen der Belichtungsreihen zum HDR-Bild entweder vor dem Stitching (durch PTGui) mittels HDR-Programm oder mit PTGui selbst erfolgen kann. Alle beide Methoden haben Vor- und Nachteile. Lässt man PTGui das Panorama im HDR-Format generieren, so hat man die Möglichkeit, das komplette Panorama mit einem dafür spezialisierten HDR-Programm zu verarbeiten.¹ Auf das gesamte Panorama angewandt, fallen die Einstellungen des Tonemappings viel leichter, weil man das Gesamtbild beurteilen kann. Man kann auf diese Weise auch mit geringem Aufwand mehrere unterschiedliche Versionen erzeugen. Andererseits steigt die Verarbeitungszeit mit PTGui extrem an, wenn die Leistung des verwendeten Rechners knapp bemessen ist.²

Führt man die Belichtungsreihe schon vorher zum HDR-Bild zusammen und übergibt PTGui fertige „ge-tonemappte“ (was für ein grässliches Wort!) Einzelbilder, sinkt die Verarbeitungszeit von PTGui bei Verwendung etwas schwächerer Rechnerhardware beträchtlich. Außerdem kann man die Stärken von HDR-Programmen beim Erstellen des HDR-Bildes nutzen, welche PTGui nicht besitzt. Zum Beispiel gelingt das Entfernen von Geisterbildern mit *Photomatix* deutlich besser als mit PTGui. Dafür nimmt man aber in Kauf, dass das Tonemapping jeweils nur an den Teilbildern durchgeführt und beurteilt werden kann. Das erschwert die Wahl der korrekten Einstellung bei der Konvertierung vom 32bit-HDR-Bild zum 8- oder 16-bit Bild. Wichtig ist dabei, dass alle Teilbilder exakt gleich behandelt werden. Da HDR-Programme aber vor allem lokale Kontraste verändern und diese vom Bildinhalt abhängig sind, passiert es leicht,

¹Wird ein 360°-Panorama mit einem HDR-Programm verarbeitet, muss man darauf achten, dass dem Programm mitgeteilt wird, dass es linken und rechten Rand aufeinander abstimmen muss. Das geschieht im Allgemeinen durch eine Option mit der Bezeichnung *Panorama* oder *360°*. Verfügt das HDR-Programm über keine derartige Funktion, so ist es zum Erstellen eines 360°-Panoramas nicht geeignet.

²Seit Version 10 unterstützt PTGui die besonders hohe Rechenleistung von Grafikkarten. Bei Verwendung einer solchen *GPU* (Graphic Processor Unit) kann der Zeitaufwand sogar niedriger sein, wenn man PTGui selbst das HDR-Bild generieren lässt.

dass angrenzende Bilder trotz gleicher Einstellungen ein wenig anders aussehen. Das hat dann zur Folge, dass beim Überblenden „verwaschene“ Stellen entstehen können.

PTGui kann auch selbst das Tonemapping durchführen und wurde dabei von Version zu Version besser. Allerdings bietet PTGui weniger Einstellungsmöglichkeiten im Vergleich zu spezialisierten HDR-Programmen.

Meine bevorzugten Wege haben sich mit der Zeit und dem Einsatz höherer Rechnerleistung geändert.

Auf einem langsamen Rechner empfehle ich für das Erstellen großer HDR-Panoramen, die Teilbilder vorher mit einem HDR-Programm in TIFF- oder JPEG-Bilder zu verwandeln und diese dann mit PTGui zum Panorama zu verarbeiten.

Belichtungsreihen für Panoramen mit einer geringen Anzahl an Teilbildern (meist keine Kugelpanoramen), kann PTGui auch auf einem schwächeren Rechner gut selbst verarbeiten. Oft sieht das Ergebnis nach Anwendung von *Exposure Fusion* oder *Tone-mapping* schon sehr gut aus. Wenn nicht, kann eine HDR-Datei erzeugt werden und man bearbeitet diese mit dem HDR-Programm.

Seitdem ich in Besitz eines Rechners mit ausreichend RAM, schneller SSD-Festplatte und leistungsfähiger Grafikkarte bin, sind dies meine bevorzugten Methoden:

Bei Problemen mit Geisterbildern, erstelle ich die HDR-Bilder mit *Photomatix*, da *Photomatix* beim Entfernen von Geisterbildern gut arbeitet und manuelle Eingriffe zulässt. PTGui lasse ich dann die HDR-Bilder zusammensetzen und generiere ein Panorama im HDR-Format. Dieses bearbeite ich dann meist mit *Oloneo*. Ich persönlich mag *Oloneo* lieber als *Photomatix*, leider kann *Oloneo* aber nicht mit den Fähigkeiten der Entfernung von Geisterbildern von *Photomatix* mithalten.³

Habe ich keine Probleme mit Geisterbildern dann verarbeite ich alle Einzelbilder direkt in PTGui zu einem HDR-Panorama. Mit ausreichend Speicher, schneller Festplatte und einer guten Grafikkarte ist das der schnellste Weg zum HDR-Panorama. PTGui lasse ich eine HDR-Datei erstellen, welche ich anschließend mit *Oloneo* zum JPEG- oder TIFF-Bild umwandle.

Im [PTGui Tutorial für ältere Versionen \(bis einschließlich V10\)](#) habe ich das Erstellen eines HDR-Panoramas recht detailliert beschrieben. Dieses Tutorial enthält zwar

³Seit ich dieses Kapitel verfasst hatte, setzt ich HDR immer seltener ein, da sowohl Kamerasensoren als auch RAW-Konverter große Helligkeitsdifferenzen immer besser verarbeiten. *Photomatix* verwende ich inzwischen so gut wie gar nicht mehr. Mein Lieblings-HDR-Programm ist inzwischen *SNS-HDR Pro*. Damit gelingen mir natürlich aussehende Bilder noch rascher als mit *Oloneo*.

8 HDR - Panorama

Screenshots der alten Oberfläche, alle relevanten Aktionen sind aber sicher dennoch gut verständlich und auf die neue Umgebung ab Version 11 übertragbar.