

# VFX für die Bauwirtschaft

Photogrammetrie ganz groß: Mit Multikopter und Photoscan machen wir uns auf die Suche nach Baumängeln. Ganz nebenbei werden damit auch VFX-taugliche Meshes von Gebäuden erzeugt. Wir zeigen, auf was man achten muss, wenn man selber aufsteigen will.

von Michael Radeck

Als Kopterbauer kam ich in Kontakt mit der Münchener Firma Geospector, die auf Vermessungen spezialisiert ist ([www.geospector.de](http://www.geospector.de)) – und im Zuge dessen mit einem interessanten Projekt. Inhaber und Ingenieur David Mauro war auf der Suche nach einem Filmemacher, um die Schäden an der Bausubstanz an einem Kirchturm im bayerischen Landshut zu dokumentieren. Doch bevor wir in das Projekt einsteigen, zunächst ein paar Hintergrundinfos zu Multikoptern und zur Photogrammetrie.

Schon lange beschäftige ich mich intensiv mit Postproduktion (VFX) und Multikopter-Luftaufnahmen. Begonnen habe ich vor circa 20 Jahren als Student und Hobbyfotograf mit der Luftbildfotografie. Damals habe ich zum Beispiel wissenschaftliche Aufnahmen von Feldern gemacht, um Pflanzenwach-

tum zu analysieren. Zu dieser Zeit war das angesichts des mageren Studentenbudgets nur mit einem „Einleiner-Drachen“ möglich.

Seit vor etwa 8 Jahren die Multikoptertechnologie aufkam, wurde bei mir das Feuer für die Luftbildaufnahmen wieder entfacht. Seit 5 Jahren baue und fliege ich Quadro-, Hexa- und Oktokopter. Zunächst als Hobby, um zu lernen, inzwischen als professionel-

ler Dienstleister. Inzwischen habe ich unter anderem für den „Tatort“ im Ersten, diverse ZDF-Spielfilme und Kinofilme von Matthias Schweighöfer Luftaufnahmen durchgeführt.

## Photogrammetrie

Ein weiteres Gebiet, das für Luftbildaufnahmen naheliegender war, ist die Photogrammetrie. Für diese auf dem Gebiet der Architektur schon weit verbreitete Messmethode werden meist teure Lasergeräte eingesetzt. Diese generieren 3D-Raumdaten und die so entstandenen Fotos dienen lediglich der Textur. Dabei waren diese Geräte in der Vergangenheit jedoch so unhandlich und schwer, dass Hubschrauber oder Flugzeuge benötigt wurden, um sie in die Luft zu be-



Stiftsbasilika St. Martin in Landshut. Aufnahmen zur Schadensinspektion



kommen. Modellbau-Fluggeräte waren dafür viel zu leistungsschwach.

Mittlerweile können Multikopter aber recht präzise Flugbahnen abfliegen und Fotoserien von ganzen Flächen fertigen. Sie sind nun leistungsstark genug, um Fotoapparate zu tragen, die mit 20 bis 30 Megapixel auflösungsstark sind. Zudem ist Software erhältlich, die aus diesen Fotoserien die 3D-Raumdaten durch vergleichende Analyse herausrechnen kann. Die meisten kennen wahrscheinlich die Funktionalität der 3D-Raumtracker von Filmbildern wie den 3D-Kameratracker in After Effects. Genau das benötigt auch die Photogrammetrie. Die Fotoserien lassen sich wie Filmbilder nutzen, um den 3D-Raum zu errechnen. Wichtig dabei ist eine hohe Überlappung der jeweiligen

Hauptanwendungsgebiet der Photogrammetrie ist die Geodäsie (Landvermessung). Damit ist dieses Fachgebiet auch in vielen Studienfächern verbreitet: insbesondere Architektur, Bauwirtschaft und Archäologie. Der Name wurde erstmals 1867 als Titel des anonym veröffentlichten Beitrags „Die Photogrammetrie“ im Wochenblatt des Architektenvereins zu Berlin, später Deutsche Bauzeitung, verwendet.

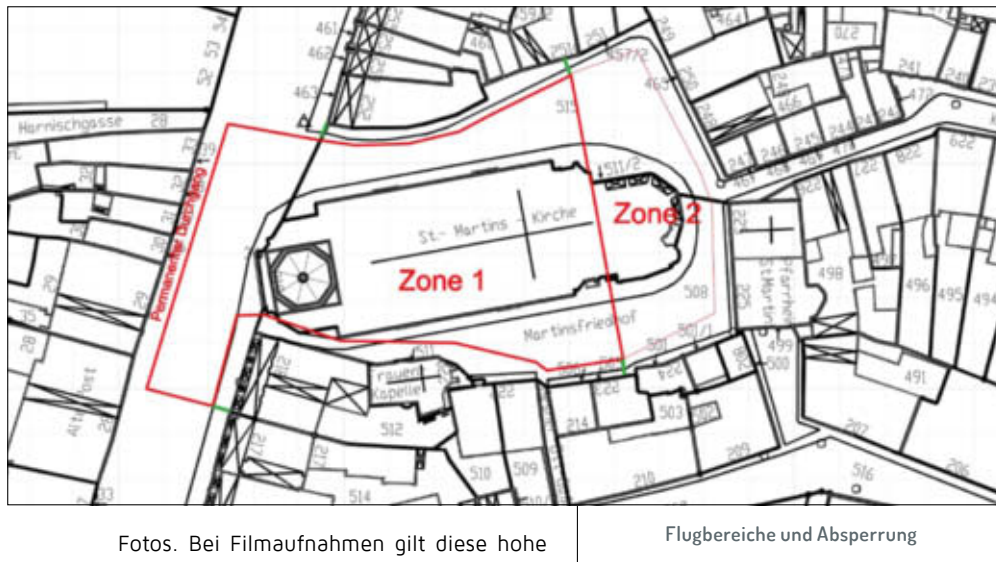
Das Ziel einer photogrammetrischen Auswertung ist die Wiederherstellung der räumlichen Lage von Bildern zueinander, in der sie sich zum Zeitpunkt der Aufnahme befunden haben. Diese Wiederherstellung erfolgt nach den Gesetzen der Zentralprojektion.

Ich erinnere mich noch an das Aufkommen der Projektionstechniken in der VFX-

gerne auf LIDAR-Scanner zurückgegriffen, um Daten von Landschaften oder Gebäuden zu generieren (siehe dazu **DP-Ausgabe 7/2014** mit dem Fokusthema LIDAR).

Multikopter-Konstrukteure arbeiten an der Konstruktion leistungsstarker Multikopter, um diese recht schweren Laserscanner in die Luft heben können. Allerdings versuche ich immer entgegen dem Motto „klotzen statt kleckern“ eine Lösung zu finden, die ein optimales Preis-Leistungs-Verhältnis aufweist.

Nun kommen wir zum Projekt. Aber so viel kann ich schon einmal vorwegnehmen: Wir haben es geschafft, die hohe Genauigkeit der Laserscanner zu erreichen – und das bei wesentlich weniger Aufwand, was Kosten aber vor allem auch Risiken angeht.



Fotos. Bei Filmaufnahmen gilt diese hohe Redundanz als normal. Bei Fotoserien muss man jedoch beachten, dass bei circa 60 Prozent Überlappung von Foto zu Foto das Optimum liegt.

### Historie der Photogrammetrie

Fast so alt wie die Fotografie ist die Photogrammetrie. Diese lässt sich wie folgt definieren: Aufnahme und Auswertung ursprünglich nur fotografischer Messbilder zur Bestimmung von Beschaffenheit, Form und Lage beliebiger Objekte.

Branche. Zunächst in den 3D-Animationsprogrammen, später in Nuke oder After Effects, als diese 3D-Funktionalitäten bekamen. Damit konnte man aus Fotos wieder bewegte Kamerafahrten animieren. Das ist allerdings mit viel Handarbeit verbunden.

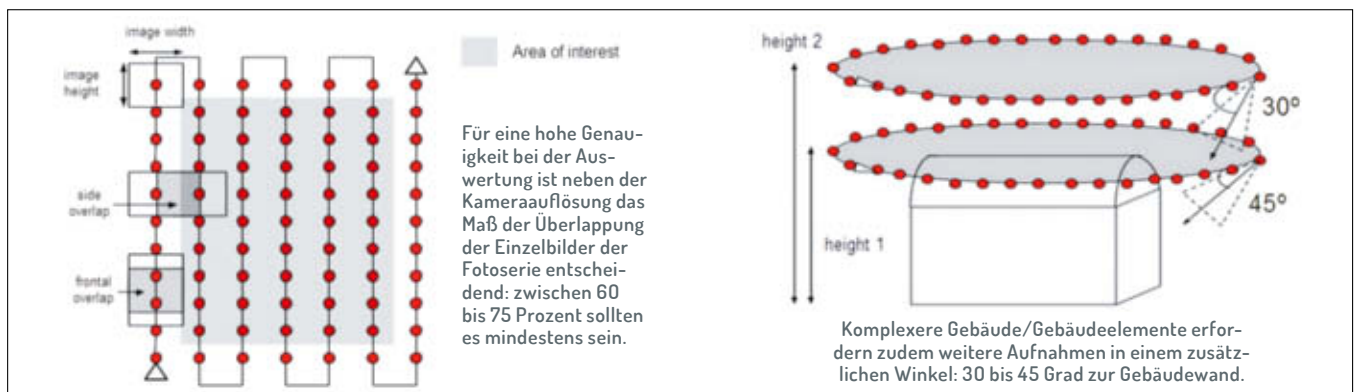
Neu sind Spezialprogramme, die das selbstständig durchführen, aber noch primär auf den Markt für Architektur oder Archäologie ausgerichtet sind. Diese Techniken werden bald die VFX-Arbeit erreichen respektive beeinflussen sie schon heute: Am Set wird

### Dokumentation von Schäden an der Bausubstanz

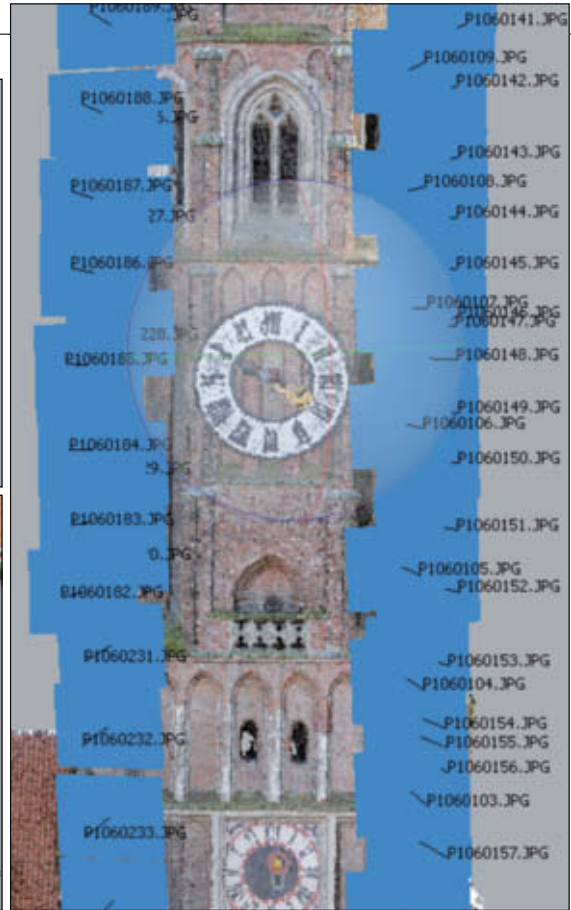
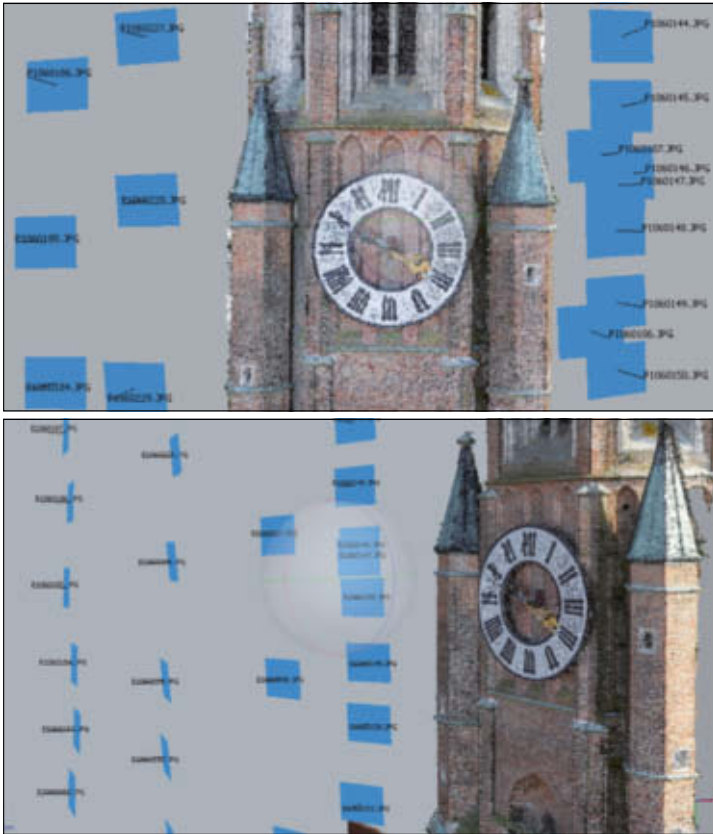
Die Kirche St. Martin in Landshut ist einzigartig: Ihr Kirchturm ist mit 130,1 Metern nicht nur der höchste in Bayern, sondern auch noch der höchste Backsteinturm der Welt. Dabei ist der Turm über 500 Jahre alt, was einige Probleme mit sich bringt:

1. Die Alterung der Bausubstanz führt zu derartigen Schäden, dass Teile der Fassade abbröckeln und auf die Straße fallen. Damit sind Fußgänger und Autos ernsthaft gefährdet.
2. Als die Kirche gebaut wurde, gab es keine Bauzeichnungen, die den Ansprüchen heutiger Konstrukteure und Architekten gerecht werden würden. Für zukünftige Planungen von Baumaßnahmen ist deshalb eine neue genaue Bauzeichnung hilfreich.

Aufgrund der enormen Höhe des Kirchturms ist es kostentechnisch und zeitlich aufwendig, den ganzen Turm mit einem vollständigen Baugerüst einzuhüllen, um die Schäden manuell zu erfassen. Auch ein Vermessen mittels Lasergerät ist durch die Höhe nicht so einfach oder teils unmöglich, weil vom Boden aus etliche Strukturen nicht mehr genau erfasst werden können, da sie vom Winkel her gar nicht einsehbar sind. Genau



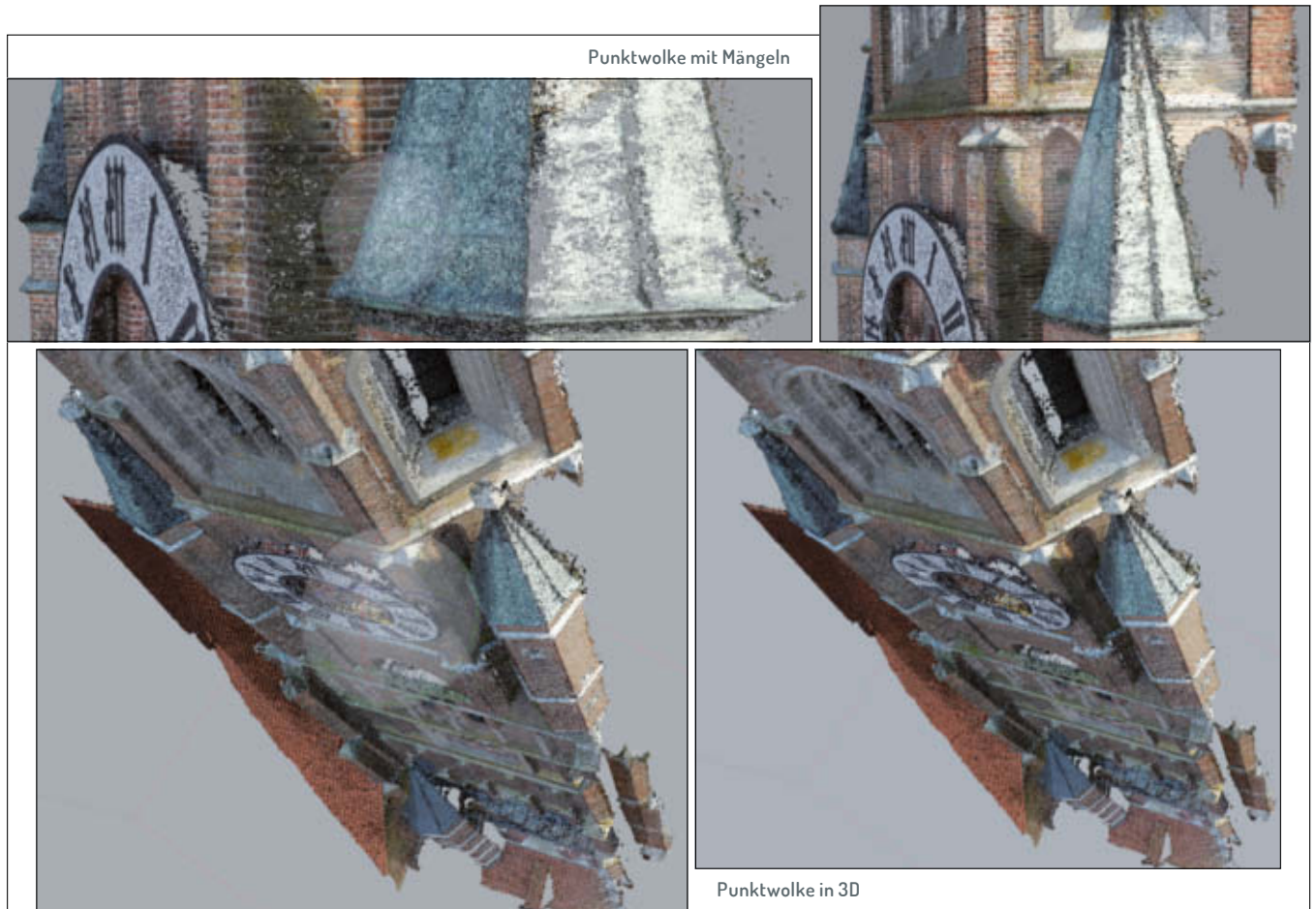
Photoscan-Flugbahnfotos hochkant und quer



Vom Boden aus würde ein Laserscanner nur Bruchteile der Fassade erfassen können, der Multikopter aber kann in jeden Winkel und auch zwischen die Türme schauen.

Links: Mit der HD-Funkstrecke von Paralink konnte eine stabile Livebildübertragung gewährleistet werden. Zudem ließen sich hochauflösende Details gleich begutachten, um zu entscheiden, was noch per Foto dokumentiert werden sollte.





darin liegt der Vorteil der Multikopter, die jede Position in einer Höhe bis um die 300 Meter leicht erreichen können. Allerdings ist so ein Fluggerät kein Spielzeug. Die Propeller und das Gewicht von etlichen Kilogramm könnten lebensgefährliche Verletzungen verursachen. Also muss so ein Flug sorgfältig geplant und abgesichert werden.

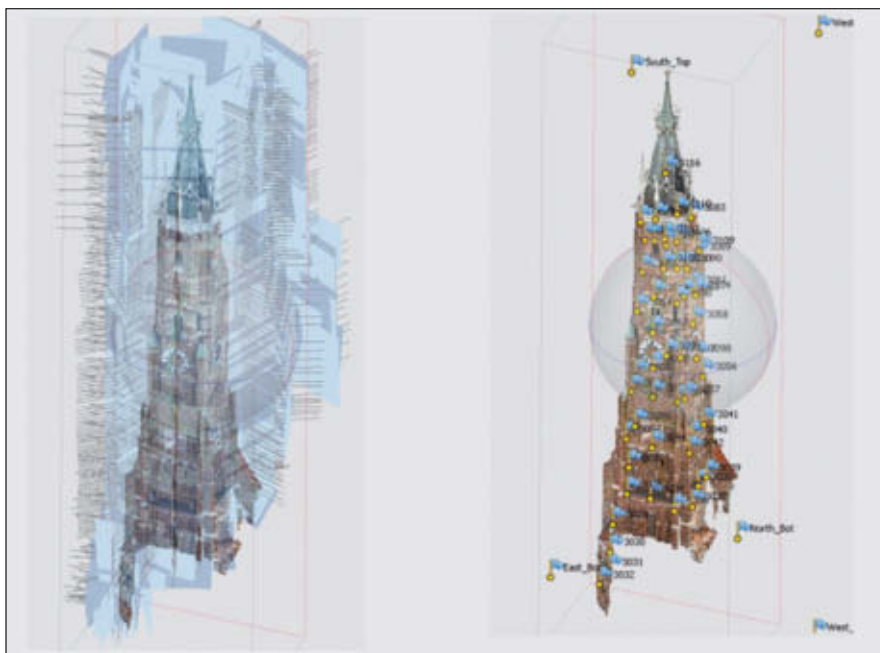
**Die Planung**

Die Lage des Turms im belebten und beengten Stadtzentrum erforderte einigen logistischen Aufwand, um eine effiziente Befliegung bei minimaler Beeinträchtigung des Personen- und Fahrzeugverkehrs und gleichzeitig maximaler Sicherheit zu ermöglichen. Gleichzeitig konnte die Befliegung nur bei geeigneten Wind-, Wetter- und Lichtbedingungen durchgeführt werden und daher eine Entscheidung zur Befliegung jeweils nur kurzfristig erfolgen.

Zunächst mussten bei etlichen Behörden Genehmigungen eingeholt werden. Das fing beim Ordnungsamt an, mit dem Einholen einer sogenannten UBE – einer Unbedenklichkeitserklärung. Es galt zu klären, wie das Aufkommen an Verkehr und Passanten sein würde, wann Großveranstaltungen in der

Stadt anstehen und es ging um das Sperren der Freiflächen von Restaurants. Dann musste das Verkehrsamt die umfangreichen Absperrungen zum Schutz von Unbeteiligten genehmigen.

Außerdem benötigten wir die Einzelaufstiegsgenehmigung beim Luftfahrtamt für



Links: Punktwolke mit Position und Orientierung der Aufnahmen  
 Rechts: Punktwolke mit Referenzpunkten

den Multikopter, da der verwendete DJI S1000 mit Panasonic-GH4-Kamera über 5 Kilogramm wog. Üblicherweise darf nur bis 100 Meter hoch geflogen werden – hier mussten 150 Meter freigegeben werden. Eine weitere Besonderheit in diesem Fall waren Vögel: Auf dem Kirchturm nisten Falken. Der Falkner der Stadt musste hierzu auch eine „UBE“ abgeben, da das Falkenpärchen einen Eindringling in seinem Luftraum kritisch beäugen dürfte. Jedoch war laut Einschätzung verschiedener Naturschutzbehörden die Situation nicht kritisch, da die



Raubvögel zur Zeit der Befliegung nicht brüten oder balzen und sich tagsüber voraussichtlich nicht in der Stadt aufhalten würden.

Die Tauben sind den Vogelschützern weniger wichtig, da sie als „Ratten der Lüfte“ eher als Schädlinge angesehen werden und gejagt oder gefangen werden. Sie stellen jedoch ein viel größeres Problem für den Multikopter dar, denn so ein ganzer Schwarm Stadttauben fliegt mitunter in den Kopter hinein. Tauben holen auch große Düsenflieger vom Himmel. Also jedes Mal Herzinfarktgefahr für den Multikopterpiloten, wenn die Tauben aufgeschreckt aufsteigen. Entsprechend dem Genehmigungsaufwand waren auch Vorortbegehungen mit den beteiligten Ämtern nötig.

Von Paralinx wurde uns freundlicherweise über Band Pro Munich eine neue HD-Videofunkstrecke „Tomahawk“ zum Testen zur Verfügung gestellt, die selbst in der Innenstadt mühelos über mehrere hundert Meter ein stabiles HD-Bild lieferte. So ließ sich sofort beurteilen, wo bestimmte Schäden einer näheren Befliegung und Fotografie unterzogen werden sollten. Ohne diese Funkstrecke wären Arbeitsaufwand und Unsicherheiten deutlich höher gewesen.

## Punktwolke

Für die Datenermittlung wurden insgesamt 2.349 Aufnahmen des Turms und angrenzender Gebäudeteile gemacht. Die Flugplanung und damit die Positionierung und Ausrichtung der Kameras erfolgten so, dass die Daten für die Orthofoto-Generierung und Schadensfeststellung

Stiftsbasilika St. Martin  
Landshut – Orthofoto



gleichzeitig erfasst werden konnten. Um die Genauigkeit noch weiter zu optimieren, musste die Verzeichnung der Optiken bei der Auswertung korrigiert werden: Dazu wurde mit der Kamera und der verwendeten Optik bei gleicher Einsatzblende ein Testbild (Schachbrettmuster) aufgenommen und mit einer Spezialsoftware vermessen.

Diese Korrekturdaten wurden in die photogrammetrische Berechnung einbezogen. Die Auflösung beträgt üblicherweise 0,5 cm/Pixel. Zur übersichtlichen Lokalisierung der Fotoinhalte wurden diese in den Metadaten getaggt: Sektionen A bis G und die Himmelsrichtung der Turmseiten. Außerdem wurden GPS-Daten beim Flug mitgeloggt und ebenfalls in die Bildmetadaten übergeben. Das freigelegte Portal wurde nachträglich vom Boden und den gegenüberliegenden Häusern aus aufgenommen.

## Vermessung

Zur Referenzierung der Orthofotos wurden insgesamt 123 Punkte an allen Turmseiten eingemessen. Für die Punkte galt es, die bestehenden Vermessungsmarken auf den Hauptseiten und markante Gebäudeelemente jeweils links und rechts davon zu verwenden. Die Einmessung erfolgte mittels GPS und reflektorloser Totalstation. Der geschlossene Polygonring um die Kirche herum und die Ausgleichung weisen eine innere Genauigkeit von besser als 1 cm auf. Die Koordinaten der Vermessung sind in Gauß-Krüger und Höhen über „Normal Null“ angegeben. Für die photogrammetrische Auswertung wurde ein lokales Koordinatensystem erzeugt. Die Unterkanten der Orthofotos befinden sich einheitlich auf 392 Metern Normalnull (NN). Die Auflösung beträgt in allen Dimensionen einheitlich 0,5 cm/Pixel. Die Genauigkeit der Georeferenzierung einzelner Elemente sollte besser 5 cm betragen, was hiermit deutlich übertroffen wurde. Die resultierende Turmhöhe

(Unterkante Portaltreppe bis Oberkante oberste Kreuzkugel) ergab sich zu 130,10 +/- 0,1 Meter.

## Postproduktion mit Agisoft

Die Postproduktion erfolgte weitestgehend mit Photoscan von Agisoft. Zunächst wurden die Raw-Bilder entwickelt und mit den GPS-Daten gesync't. Dann wurden die Fotos maskiert: Alles, was Hintergrund ist wird damit bei den Berechnungen ausgeblendet. Nun erfolgte der erste photogrammetrische Berechnungsschritt: das „Alignment“. Die Fotos wurden ähnlich wie bei einem Panorama gestitcht. Anschließend erfolgte die Berechnung einer sogenannten „Punktwolke“. Das ging bis auf wenige hundert Bilder noch recht fix.

Die Berechnung des Meshs war allerdings extrem RAM-intensiv. 64 GByte RAM waren hier gerade ausreichend. Darunter wurde es nach kurzer Rechenzeit unerträglich langsam. Die Mesh konnte mit Textur für Cinema 4D oder Maya exportiert werden (einen ausführlichen Einsteiger in Photoscan finden Sie in der DP 6/2014. Das PDF des Artikels steht zum kostenlosen Download auf [www.digitalproduction.com](http://www.digitalproduction.com) bereit).

Diese praktischen Erfahrungen haben uns gezeigt, dass diese Art der Gebäudevermessung auch für Spielfilm- oder Werbefilmprojekte als Konstruktionsgrundlage für 3D-Animationen geeignet ist. Gegebenenfalls auch mit Laservermessungen im Mix. Der Arbeitsaufwand für die Flugeinsätze betrug knapp zwei Arbeitstage. Wir hatten Glück mit dem Wetter und es war auch etwas Sonne dabei. Allerdings ist schlechtes Wetter mit diffusem Licht für die Photogrammetrie besser geeignet, da ansonsten mehr Arbeit in der Post mit der Farbkorrektur entsteht.

## Fazit

Wichtig im Vorfeld sind eine gute Planung und die enge Zusammenarbeit mit den Behörden. Insbesondere in Innenstädten sind Absperrungsmaßnahmen unumgänglich. Der Rest ist schon fast Routine: Sowohl die nötige Hardware wie auch die Software sind für eine solche Anwendung hinreichend entwickelt, um keine allzu großen Hürden aufkommen zu lassen. > ei



Michael Radeck arbeitet mit seiner Firma eXpert Media Solutions als Trainer, Consultant und Artist in dem Bereich Highend-Postproduktion mit dem Schwerpunkt Farbkorrektur. Seit 5 Jahren ist er auch als Kopterkonstrukteur und Kopterpilot unterwegs. Aktuell sind die Luftaufnahmen in dem Kinofilm „Vaterfreuden“ von und mit Matthias Schweighöfer unter seiner Mitwirkung entstanden.