

Darstellung von Bauabläufen mit Luftbildern

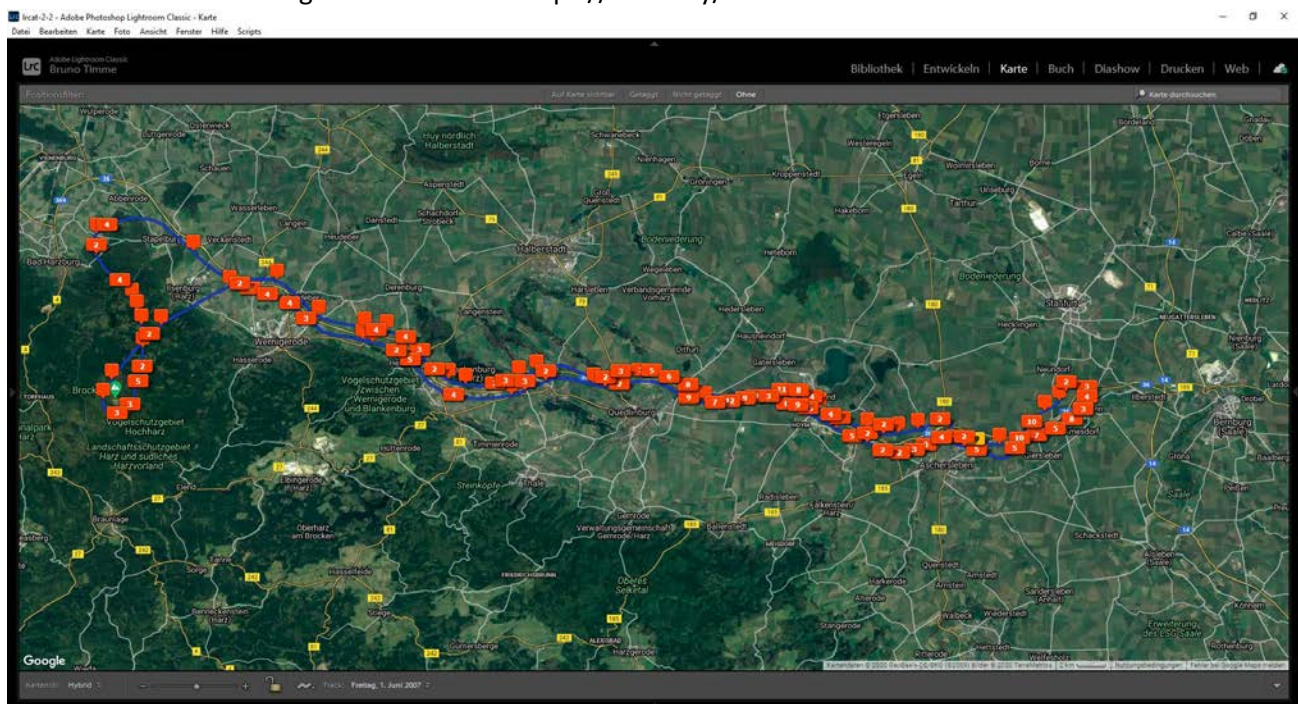
In diesem Beitrag werden viele Internetadressen verlinkt. Falls die Zeitschrift oder dieser Beitrag auch als PDF publiziert wird, kann man aus der Datei heraus diese Links anklicken. Sonst bleibt nur Eintippen 😞
Im Text treten verschieden Fluggeräte auf. Ich benutze für die Legaldefinition „Drohne“ den Begriff Multikopter. Der Gyrokopter wird auch Gyrocopter geschrieben, meint aber das Gleiche. Flugzeug ist Flugzeug – und nicht Flieger.

„Foto...“ wird hier immer mit „F...“ geschrieben und nicht mit „Ph...“

Bildflug 2007

Den ersten Fotoflug über Baustellen machte ich mit meinen Kollegen von der SGNT GbR 2007. Wir hatten an etlichen Bauabschnitten der damaligen B6n, heute die A36, als baubegleitende Vermesser mitgearbeitet und meine Kollegin Sonja und ich hatten unabhängig voneinander die Idee, mal die Strecke abzufliegen. Der Lehrling Dominik mit einer Canon Digital Ixus 850 IS, Sonja mit einer Fuji FinePix S500 und ich mit einer Sony DSC-R1 ausgestattet, so bestiegen wir am 1. Juni 2007 eine 4-sitzige Cessna in Aschersleben. Auf der 185 km langen Tour flogen wir von Aschersleben über Güsten, Quedlinburg, Blankenburg, Wernigerode, Ilsenburg zum Brocken, drehten dort eine Runde um den Gipfel und flogen auf der anderen Seite der B6n wieder zurück. Auf 352 Fotos in ein und einer viertel Stunde hielten wir alles fest, was uns vor die Linsen kam. Die Route registrierten wir mit einem Handempfänger GPSMap 60 CS, sodass wir alle Fotos nach dem Flug über die Aufnahmezeit georeferenzieren konnten und somit bei Ort und Motiv nicht raten mussten.

Fotos von diesem Bildflug findet man hier: <https://adobe.ly/3d8ZEIN>



Bildflug 2014

Bei meinem zweiten Bildflug für die VIP Ingenieurgesellschaft 2014 flog ich mit einer baugleichen Maschine. Peter Scholz flog damals mit und machte das Foto nach der Landung. Dieses Mal mit festen Vorstellungen startend, wurden mir die Beschränkungen eines solchen Fluges erstmals deutlich bewusst:

- Man kann nur auf der Kopilotenseite ohne trennende Scheibe durch das offene Fenster fotografieren. Dieses wird während des Fluges nach oben geöffnet und „saugt“ sich an der Unterseite der Tragfläche fest.
- Das Motiv kann man nur für einen kurzen Moment formatfüllend fotografieren. Im nächsten Moment ist der Fensterrahmen, die Tragfläche, die Tragflächenstrebe oder das Fahrgestell mit im Bild, auch wenn man sich aus dem Fenster hängt.
- Das Flugzeug reagiert träge. Man muss lange vorher wissen, was man wie fotografieren will, damit man zur richtigen Zeit am richtigen Ort die richtige Sicht bekommt.
- Der Pilot weiß nicht, was man fotografieren will. Trotz Einweisung ist man zu hoch, zu tief, zu weit, zu nah. Man fotografiert eigentlich nur das, was gerade geht und nicht was man haben wollte.
- Das Flugzeug vibriert. D.h. die Aufnahmen verwackeln. Das sieht man umso mehr, je höher die Kamera auflöst. Stabilisierte Objektive oder Sensoren helfen nicht bei den hohen Frequenzen. Es helfen nur kurze Belichtungszeiten.



Fotografiert habe ich mit einer Canon EOS 7D und einer Canon EOS 70D mit dem Objektiv Canon EF-S 15-85, welches aus heutiger Sicht nicht die beste Wahl war, nachdem ich bessere, aber auch teurere Objektive verwende. Ziele des Fluges waren die Ostabschnitte der B6n, die Nordverlängerung der A14, die Ortsumgehung Bebertal, die A2, Baustellen in Schönebeck und Magdeburg. Ein ordentliches Programm für 1 ½ Stunden Flug.

Fotos von diesem Bildflug findet man hier: <https://adobe.ly/3jAwXjm>

Bildflug 2015

Beim dritten Bildflug 2015 wieder für VIP wollte ich einiges besser machen. Als Fluggerät diente dieses Mal ein Gyrokopter MTOsport. Der Fotograf sitzt hinter dem Piloten im offenen Cockpit und hat freie Sicht nach beiden Seiten. Selbst mit zwei großen Kameras kann man sich gut bewegen und mit diesen im Wechsel fotografieren.



Der Gyrokopter kann langsam fliegen (min. 30 km/h) und ist sehr wendig. Er hängt an der Luftschraube wie eine Gondel im Karussell und bei einem entsprechenden Manöver des Piloten kann man sogar senkrecht nach unten fotografieren. Es kamen wieder die Canon EOS 70D, aber dieses Mal mit dem Tele Canon EF 70-200 4L IS USM und die Canon EOS 6D mit dem „immer drauf“ Canon EF 24-105 4L IS USM zum Einsatz. Bei beiden Objektiven wurde die Stabilisierung abgeschaltet und mit kurzen Verschlusszeiten fotografiert. Die Erfolgsquote war wesentlich höher als beim vorhergehenden Flug. In drei Stunden, mit Tankstopp, entstanden ca. 500 Fotos auf der Strecke von Magdeburg entlang der A14 bis Rasthof Plötzetal, weiter bis Großbadegast, entlang der B6n über Köthen, Bernburg, Schönebeck, Magdeburg, an der B189 entlang zur A14 bis Colbitz, über Hundisburg und Bebertal an der A2 entlang wieder nach Magdeburg. So lang wie die Beschreibung war auch der Flug und nach 3 Stunden in der Luft war der Wind auch durch die letzte Ritze der Kleidung gekrochen. Einige Fotos der Elbauenbrücke Schönebeck aus diesem Flug haben es in das Buch „Ingenieurbaukunst 2016“ geschafft.

Weitere Fotos von diesem Bildflug findet man hier: <https://adobe.ly/34HZsaN>



Der Multikopter kommt

Flüge dieser Art hätten sicher noch öfter stattgefunden, wenn nicht ein brauchbarer Multikopter auf den Plan getreten wäre. Li-Ionen Akkus als leichte Energiespeicher hoher Dichte, kleine, starke Motoren, Satellitennavigation und eine leistungsfähige Mikroelektronik schufen die Voraussetzungen für leichte und durch eine Person handhabbare Fluggeräte. Im April 2015 machte ich an der Anna-Ebert-Brücke in Magdeburg Bekanntschaft mit dem Oktokopter Asctec Falcon 8 des Auftragnehmers gmtib (gmtib.de), der als Nutzlast eine spiegellose Systemkamera Sony alpha 7R transportierte. Mit einem Abfluggewicht von 2,3 kg lag er deutlich unter der Grenze von 5 kg, ab der jeder Einzelflug genehmigungspflichtig war. Er war zwar nicht der Billigste, aber die Konfiguration mit der höchsten Auflösung je Gewicht. Im Juli 2015 investierte ich die 30 Riesen für das System incl. Lizenzen für Vermessungs- und Bildflugprogramm und war fortan mein eigener Pilot. Zusammen mit meinem Kopiloten Hans Wagner arbeiteten wir uns in die Bedienung ein.



Flugplanung

Die Möglichkeit, den Kurs künftig in allen Einzelheiten selbst bestimmen zu können, führte dazu, dass man sich vor dem Flug Gedanken zur Fluggestaltung machen konnte und musste. Besonders wegen der im Regelfall auf 100 m beschränkten Flughöhe und der auf Sichtflugentfernung begrenzten Flugstrecke.

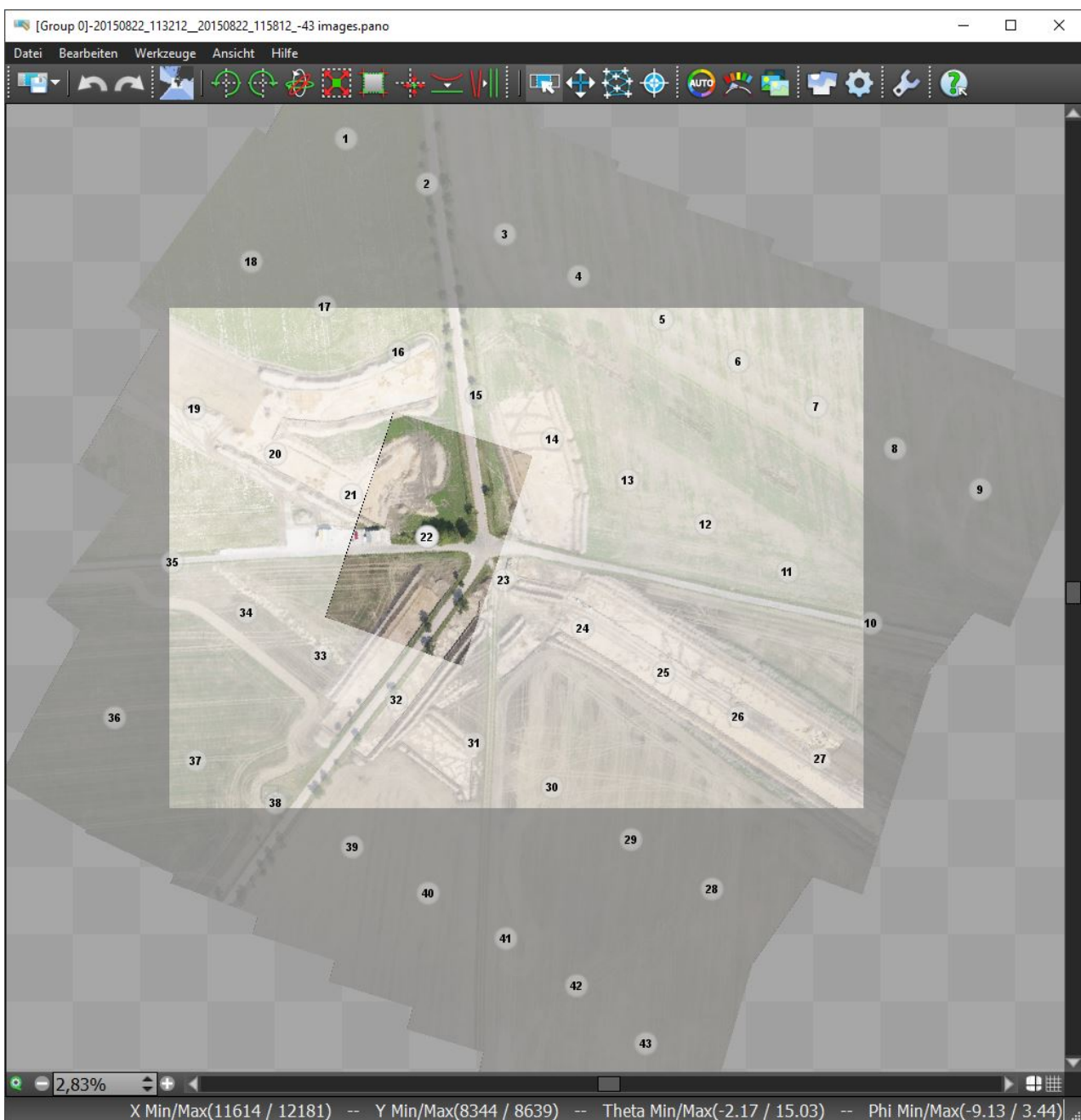
Einzelphoto vs. Fotogruppe

Nach Faustregel kann man mit einer Objektivbrennweite von 35mm in einer Entfernung von 100 m ein Objekt mit einer Ausdehnung von 100 m an der langen Seite bildfüllend abbilden. Für die kurze Seite bleiben (bei einem Verhältnis der langen zur kurzen Seite des Sensors von 3:2) noch ca. 67 m. Wenn das Objekt größer ist, muss man sich etwas einfallen lassen. Entweder vergrößert man die Distanz (Höhe, Entfernung) zum Objekt oder man wählt eine kleinere Brennweite. Beide Möglichkeiten sind begrenzt und führen zu einer schlechteren Auflösung. Es werden schließlich mehr Details auf der gleichen Sensorfläche mit derselben Anzahl von Pixeln abgebildet.

Irgendwann muss man sich jedenfalls von dem Vorhaben trennen, das ganze abzubildende Objekt in **einem** Foto erfassen zu wollen.

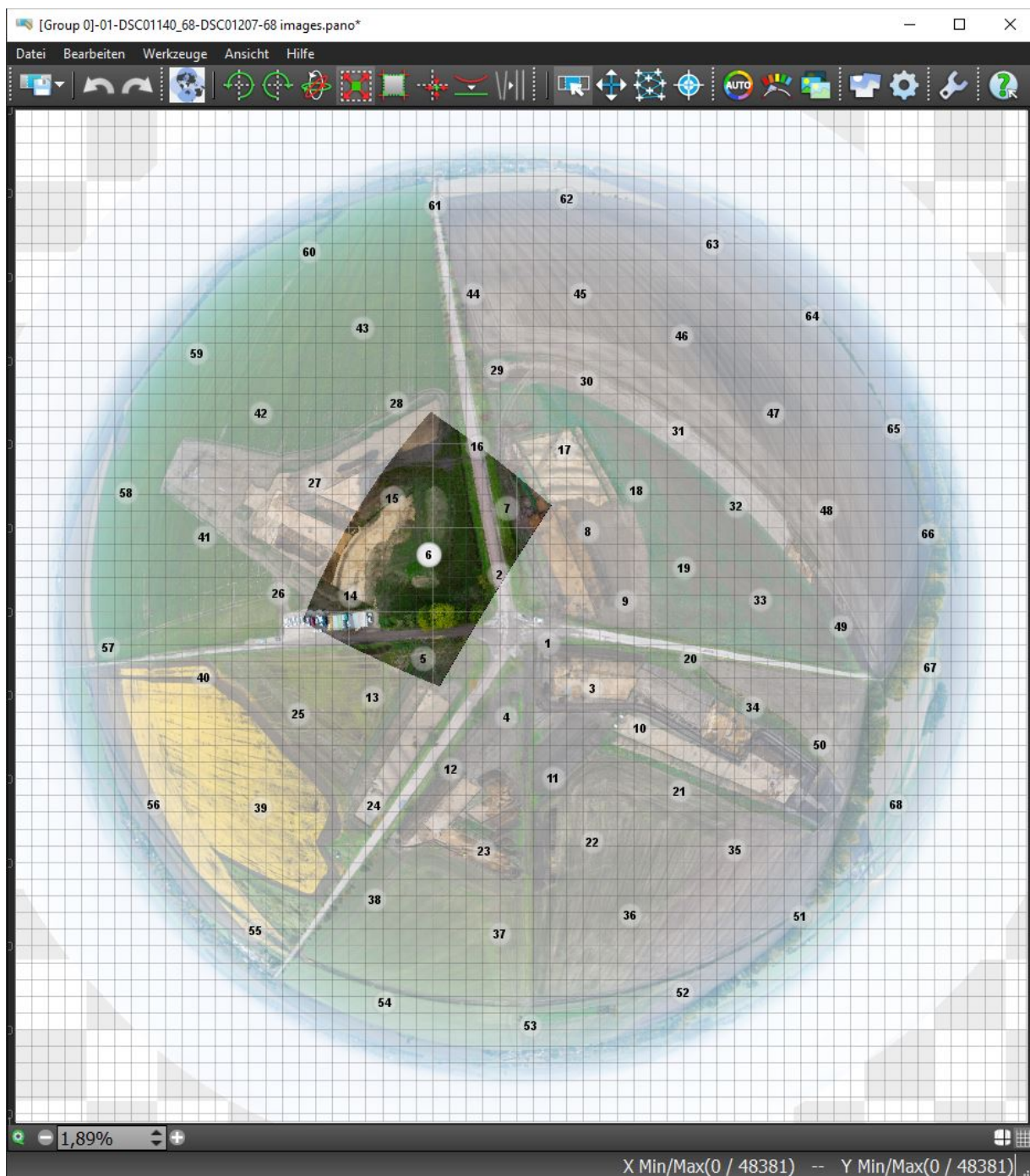
Ein erstes Flachpanorama

Für meinen ersten Auftrag im August 2015 sollte ein Senkrechtfoto von einer archäologischen Grabungsfläche ca. 400 x 300 m gemacht werden. Das hieß für meinen Falcon mit seinem 35mm Objektiv auf mindestens 400 m und damit in den Luftraum für bemannte Fluggeräte aufzusteigen – und mit Antrieb auch wieder abzustiegen, was ebenfalls Zeit und Energie benötigt! Der Herbstdunst hätte die Aufnahme nahezu unbrauchbar gemacht und den Falcon hätte man nur noch mit Fernglas gesehen. Also habe ich gemeinsam mit Hans Wagner (einer am Laptop mit dem Flugprogramm und einer an der Fernsteuerung des Falcon für Start, Landung und Notfall) die Fläche mäandrierend in 100 m Höhe befliegen und das gewünschte Bild aus 43 überlappenden Einzelaufnahmen zusammengesetzt. Alle Einzelphotos hatten eine identische Auflösung und das Gesamtbild war mit ca. 22000 Pixeln im Quadrat entsprechend groß. Ein Ausschnitt in wesentlich geringerer, für den Druck optimierter Auflösung war dann das Endprodukt. Ungeachtet der Tatsache, dass die hohe Auflösung in diesem Fall nicht benötigt wurde, zeigte die Technologie doch neue Möglichkeiten auf.



Ein erstes 360°-Panorama

Eine weitere Möglichkeit, große Objekte mit mehr als nur einer Aufnahme abzubilden, war als Option im Softwarepaket des Falcon enthalten. Die komplette Umgebung des Multikopters wird von einem Punkt aus überlappend fotografiert. Der Multikopter steht dabei möglichst ruhig an einem Punkt in der Luft. Er macht ein Foto aus einem Winkel von 7° zur Senkrechten, dreht sich um 180° und macht ein zweites Foto. Dann hebt er die Kamera um 14° und macht in der zweiten Runde 7 Fotos verteilt auf 360°. In der dritten Runde entstehen 11 Fotos mit der wiederum um 14° gehobenen Kamera usw. In der sechsten Runde kommt der Horizont ins Bild. Dann kann man eigentlich das Programm abbrechen. Habe ich aus lauter Angst bei den ersten Flügen auch gemacht. Später habe ich dann die Runde mit dem Horizont in Bildmitte fast immer mitdrehen lassen und selten, bei schönem Wolkenhimmel, auch nach oben in wieder kleiner werdenden Runden komplettiert.



Flachpanorama vs. 360°-Panorama

Flaches Panorama

Das darzustellende Objekt wird linienförmig oder mäandrierend in gleicher Höhe oder gleichem Abstand mit überlappenden Senkrechtaufnahmen fotografiert. Jedes Foto ist identisch aufgelöst und das Gesamtbild ist konsistent detailliert. Eine Sicht zum Horizont gibt es nicht. Bei Linien- oder Määnderflügen gelingt das Kombinieren (eigentlich) nur bei Aufnahmen über „plattem“ Land. Bei aus der Szene aufragenden Elementen gelingt das wegen der unvermeidlichen Parallaxe (des Perspektivunterschiedes) zwischen den Einzelaufnahmen schlecht bis gar nicht (siehe unten). Ein Zwischenprodukt kann ein zum Drucken geeignetes niedrig aufgelöstes Bild sein, dessen Entstehung nicht auf den ersten Blick erkennbar ist. Um alle Details in voller Auflösung erkennen zu können, muss eine andere Form der Präsentation gewählt werden.

Außer beim oben beschriebenen Erstling 2015 habe ich diese Technologie bei Multikopterflügen nie wieder genutzt. Zu schnell gerät der Kopter bei Streckenflügen aus der in Deutschland max. zulässigen Sichtweite. Prädestiniert für langgestreckte Baustellen wird sie aber monatlich für die Befliegung der Ernst-Reuter-Allee in Magdeburg (durch GeoFly) mit bemannten Luftbildflugzeugen aus großer Höhe (> 500 m) genutzt.

Rundumsicht, 360°-Panorama

Ist die Darstellung weiter entfernter Details nicht so wichtig, aber der Horizont soll mit abgebildet werden, können zusätzlich zu den Senkrechtaufnahmen vom gleichen Punkt weitere überlappende Schrägaufnahmen gemacht werden. Diese Darstellung betont die Details der nächsten Objekte und liefert auch einen Überblick der gesamten Szene bis zum Horizont. Als Zwischenprodukt entsteht der charakteristische Little Planet, der aber wie beim flachen Panorama, als gedrucktes Bild nicht alle Details wiedergeben kann, es sei denn, man bedruckt einen Hausgiebel oder eine Saalwand. Dann kommt man aber nicht dicht genug heran, um die Details würdigen zu können.

Bei der Realisierung werden folgende Aufgaben gelöst:

Es werden hochauflösende Luftbilder zu einem lücken- und nahtlosen Gesamtbild zusammengesetzt. Für 360°-Panoramen benutze ich Autopano Giga, für Flachpanoramen meist Photoshop Lightroom oder Photoshop.

Die resultierenden Gigapixel-Panoramen werden mit Pano2VR in Auflösungspyramiden zerlegt (mehrere Tausend Dateien) und zusammen mit einer generierten Benutzeroberfläche auf einen Internetserver geladen.

Der Benutzer erhält einen Link, mit dem er über einen Internetbrowser (Chrome, Firefox, Edge, Safari, ...) Zugang zu den Panoramen erhält. Er muss dafür keine separate Software installieren.

Der Betrachter kann den Ausschnitt, die Vergrößerung und, bei 360°-Panoramen, die Blickrichtung selbst wählen - er kann selbst navigieren. Oft wird das Panorama nach einiger Zeit in Drehung, bzw. Bewegung versetzt, um darauf hinzuweisen, dass die Anfangssicht nicht den kompletten Inhalt repräsentiert.

Der Browser fordert die Daten des vom Nutzer gewählten Ausschnitts vom Server ab. Ein Überblick zeigt wenige Details. Zoomt der Nutzer in die Szene, sieht er mehr Details, aber in einem kleineren Ausschnitt. Die Menge der zu übertragenden Daten ist praktisch immer konstant und hängt nur von der Bildschirmauflösung des Betrachters ab. Dadurch wird der Traffic, der Datenstrom zwischen Server und Client, minimiert.

Viele Panoramaflüge sind über meine Webseiten erreichbar:

<http://tib-md.de/index.php/Flüge.html> (alte Seite -> wird verschwinden)

<http://brunotimme.de/fluege.html> (neue Seite -> noch nicht fertig)

Exemplarische Beispiele

Ortsumgehung Wedringen

Im Auftrage des LSBB befliege ich seit März 2020 das Baufeld der Ortsumgehung Wedringen. Die Strecke von insgesamt ca. 4,3 km wurde in 3 Abschnitte geteilt, die auf Höhe der Stationen 2+100, 3+000 und 3+900 befliegen werden. Die Aufstiegspunkte liegen seitlich der Trasse, sodass schräg auf das Baufeld gesehen werden kann.



Die Flüge sind direkt über folgenden Link erreichbar:

<http://panoramen.tib-md.de/OUWedringen/>

oder über die Internetpräsenz des MLV (etwas nach unten scrollen):

<https://lsbb.sachsen-anhalt.de/projekte/b-71-ortsumfahrung-wedringen/>

Als Beispiel hier die Monate Juli – September 2020 der Station 2+100 als Little Planets:



Es wurde immer am gleichen Punkt gestartet und auf 100 m über Grund geflogen. Die generierten Panoramen sind georeferenziert und eingenordet. Dadurch lassen sich die Einzel-Planets zu einer Zeitraffersequenz zusammenfassen, mit der die Verfolgung des Baufortschritts über einen längeren Zeitraum möglich ist.

A14 VKE 1.4 Bauwerk 25 Brücke über den Kuhgrund

Seit Juli 2020 begleite ich das Verschieben der Takte des Bauwerks 25 über den Kuhgrund mit Zeitraffern auf zwei Kameras. Die Kameras sind an immer unterschiedlichen Punkten beidseits der Brücke aufgebaut und registrieren alle 6 Sekunden ein Bild. Die Zeitraffer sind in FullHD über eine Playlist auf YouTube unter dem Link verfügbar:

https://www.youtube.com/playlist?list=PL_BWfObLL7V_OyeY4ur-rCZLAJOzK0QqP

Nach dem Ende des Schubs steige ich auf und drehe ein Panorama über dem Bauwerk. Die Panoramen findet man unter dem Link:

<http://panoramen.tib-md.de/A14Bauwerk25/>

Das typische Beispiel für Flüge, bei denen man das gesamte langgestreckte Baufeld ohne Panoramaflug nicht erfassen könnte, es sei denn mit einem Streckenflug über das Baufeld als Film, ohne die Möglichkeit, selbst darin navigieren zu können. Hier ein Little Planet des Verschubs von Takt 3:



Die Ernst-Reuter-Allee in Magdeburg

Die ersten Flüge für die Landeshauptstadt Magdeburg über dem Baufeld des City-Tunnels führte ich ab Februar 2018 als Punktflüge aus.

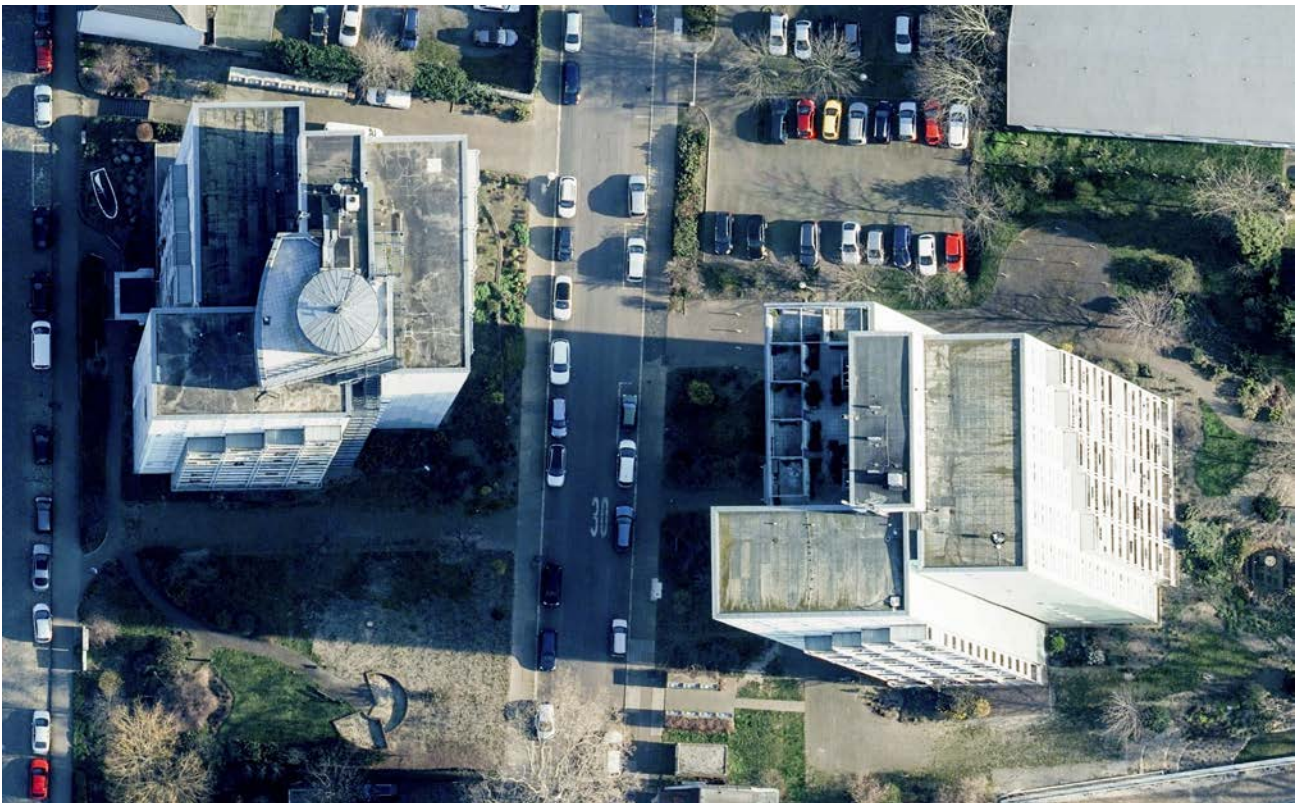
https://www.magdeburg.de/extern/baustellen/MD_City-Tunnel.html

Bis Juli 2018 startete ich am Damaschkeplatz, ab August 2018 auf Wunsch der Bauleitung näher am zentralen Baugeschehen auf der Kreuzung Bahnhofstraße/Ernst-Reuter-Allee. Im Dezember 2018 schmierte der Falcon während Starts auf der Kreuzung ab und zerschellte an der Wand der alten Feuerwache. Eine Analyse des Flugschreibers ergab, dass elektromagnetische Felder den elektronischen Kompass gestört hatten und der Falcon daraufhin die Orientierung verlor. Ich wollte dann dort nicht mehr fliegen und befasste mich mit der Realisierbarkeit von Panoramen aus Streckenfotos aus größerer Höhe. Als potenziellen Partner kannte ich die in Magdeburg am Flugplatz ansässige Firma GeoFly (web.geofly.eu). Diese Firma betreibt Luftbildfotografie auf höchstem technischen Niveau mit großformatigen Sensorsystemen in speziell für den Bildflug ausgebauten Flugzeugen. Die Fotos werden normalerweise photogrammetrisch

ausgewertet, d.h. es sind üblicherweise Vermessungsflüge. Aus meiner Sicht sprach nichts dagegen, einfach nur überlappende Luftbilder zu machen, die den relevanten Bereich abbilden. Der Zufall wollte, dass GeoFly in den ersten Januartagen 2019 einen Kalibrierflug über der Stadt durchführte, in dessen Rahmen auch die Ernst-Reuter-Allee mit befliegen werden konnte.



Die Experimente mit den Luftbildern von GeoFly zeigten, dass die Generierung von flachen Panoramen aus Streckenflügen möglich ist, wenn die Naht zwischen benachbarten Fotos auf dem Grund verläuft und erhabene Elemente der Szene einander nicht überlappen. Sowohl die Panoramafunktion von Lightroom als auch die äquivalente Funktion in Photoshop liefern brauchbare Ergebnisse, die aber nicht immer frei von Artefakten sind. Der Workflow ist inzwischen so, dass sowohl gerade als auch ungerade Fotos der Folge sowohl mit Lightroom als auch mit Photoshop separat „gestitcht“ werden und das Ergebnis mit den unauffälligsten Artefakten weiterverwendet wird. Eine echte Herausforderung im Baufeld des Ersatzneubaus Strombrückenweg sind oft die 16-Geschosser an der Mittelstraße. Eine Naht zwischen diesen offensichtlich aus verschiedenen Fotos stammenden Ausschnitten ist nicht zu erkennen, oder?



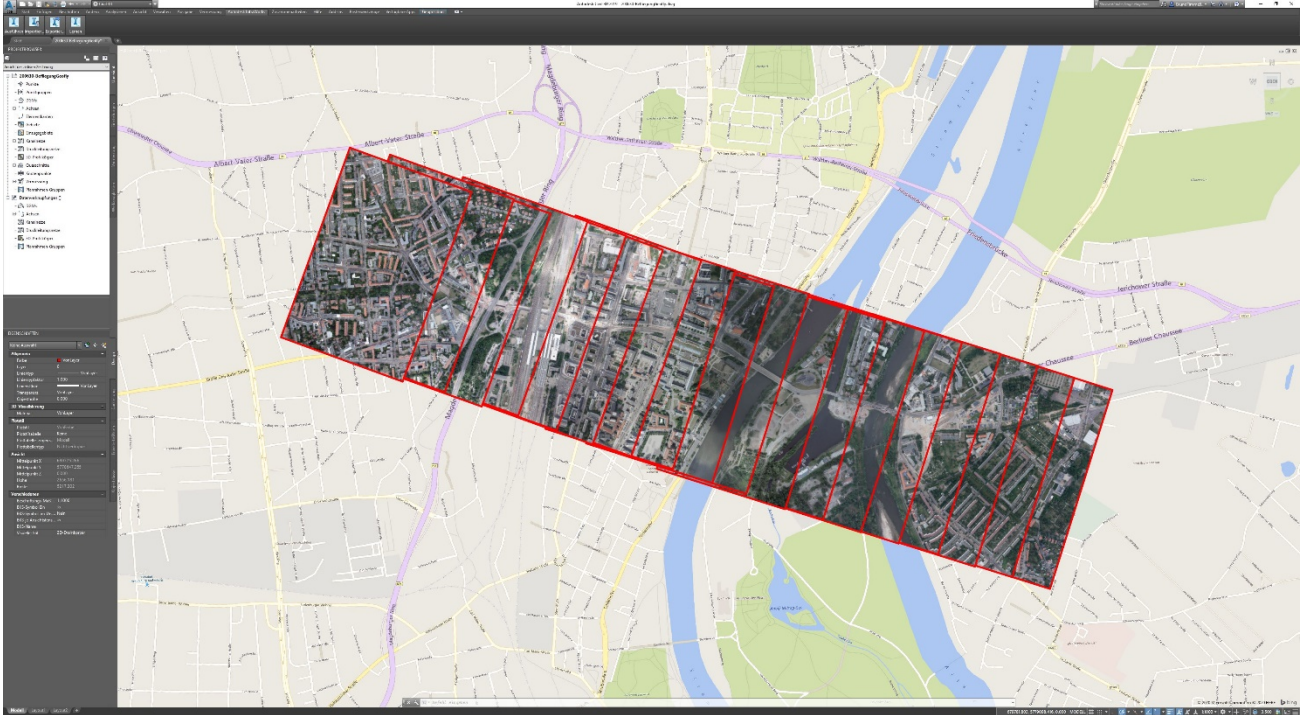
Die Aufgabe des Stitching-Programmes besteht also darin, übereinstimmende Bereiche in den Fotos zu finden, die möglichst bodennah und damit in benachbarten Fotos parallaxenarm abgebildet sind. Das

erfordert eine gewisse „Intelligenz“ der Programme und geht manchmal schief. Ich überlasse es dem Betrachter, solche Artefakte zu finden ...

Die Streckenflüge über dem City-Tunnel ab Januar findet man unter

https://www.magdeburg.de/extern/baustellen/CityTunnel_2019.html

Für den Ersatzneubau Strombrückenzug bin ich seit 2015 mehrfach sporadisch geflogen. Seit März 2020 verlängert GeoFly seine Flüge über den City-Tunnel bis zum Baufeld des Ersatzneubaus Strombrückenzug.



Alle Punkt- und Streckenflüge über dem Baufeld des Ersatzneubaus Strombrückenzug findet man unter

<https://www.magdeburg.de/extern/baustellen/enb-sbz/>

Die Flüge von GeoFly aus 2013 und 2016 basieren auf Orthofotos. Meine Flüge bis Juni 2018 sind Punktflüge und ab März 2020 sieht man die Streckenflüge von GeoFly.

Da GeoFly durchgängig von Stadtfeld bis Brückfeld fotografiert, ist das Bildmaterial sehr umfangreich und muss vor der Verwendung ausgedünnt werden. Wird z.B. mit der UltraCam Eagle Mark 3 geflogen, entstehen ca. 18 Luftbilder mit einer Größe von 26460 x 17004 Pixeln, wohlgermerkt in einem Foto! Das entspricht 430 Megapixeln. Ab 512 Megapixeln kann Lightroom solche Fotos nicht mehr verwalten. D.h., das Kombinieren mehrerer Fotos geht in Lightroom nicht mehr, es sei denn, die Quellfotos werden vor der Bearbeitung beschnitten.

Zum Schluss

Soweit die Beschreibung meiner Möglichkeiten der Dokumentation der Bautätigkeit aus der Luft. In diesem Beitrag wurde nur die fotografische Seite der Luftbilder betrachtet. Die weiteren großartigen Möglichkeiten der Photogrammetrie aus der Luft mit der Generierung von 3D-Bestandsmodellen wurden in diesem Beitrag nicht behandelt. Wenn für Panoramen schon viele Daten verarbeitet müssen, ist die Photogrammetrie noch ein wesentlich größeres Kaliber. Aber auch dort gibt es viel zu tun für Multikopter und, nicht zu vergessen,

die Hightechis von GeoFly. Auch wenn Multikopter zurzeit gehypt werden, lohnt es sich, besonders für Vorhaben ab einer bestimmten Größe, die Arbeit von Spezialisten machen zu lassen.

Mein besonderer Dank geht an Klaus Fiedler, der meine Ideen gefördert und unterstützt hat.

Gern wäre ich wieder mit dem Gyrokopter geflogen, aber beim konkreten Anlass fragt man dann, geht's nicht auch mit dem kleinen Multikopter? Ein zukünftiger Anlass wäre sicher die fertiggestellte Pylonbrücke über die Alte Elbe. Diese mit einem Gyrokopter zu umkreisen und mit der Stadt im Hintergrund zu fotografieren wäre sicher ein lohnendes und spektakuläres Vorhaben ...

Bruno Timme

Magdeburg, Oktober 2020

Häufige Fragen:

Sind die Little Planets Aufnahmen mit einem Fisheye-Objektiv?

Nein, obwohl sie solchen Aufnahmen sehr ähnlich sind. Im Fachjargon handelt es sich um eine „stereographische“ Projektion (Näheres -> Google). Damit wird das Innere einer (Halb-)Kugel auf einer Ebene dargestellt. Würde man tatsächlich mit einem Fisheye fotografieren, wäre die Auflösung nur ein Bruchteil der aus vielen Fotos entstandenen Little Planets.

Sind die Panoramen 3D?

Nein. Auch wenn manche Anbieter mit diesem Attribut werben. Man sieht immer nur einen anderen Ausschnitt der immer gleichen Perspektive. Man kann nie hinter einen verdeckten Bildteil schauen.

Sind die Panoramen Filme?

Nein. Falls sich etwas auf ihrem Bildschirm von allein bewegt, ist das nur die programmgesteuerte Veränderung der Ansicht. Der Betrachter kann jederzeit mit dem Griff zur Maus diese Bewegung unterbrechen und mit dem Mausrad zoomen oder mit gedrückter linker Maustaste einen neuen Ausschnitt wählen.

Ist Filmen nicht besser?

Film sollte vorwiegend Bewegungen in einer Szene festhalten. Er zeigt auf vielen Bildern die zeitliche Veränderung einer Szene. Die Auflösung ist geringer als bei einem Foto. Selbst die viel zitierten 4K entsprechen nur 8 Megapixeln und stellen als Film erhebliche Anforderungen an Soft- und Hardware und Traffic für Verarbeitung und Bereitstellung. Es entsteht viel Datenmaterial mit vergleichbar wenig Inhalt. Für sehr langgestreckte Baustellen zu empfehlen, am besten im Hin- und Rückflug.

Wird es Panoramen in 3D geben?

Gibt es schon. Die kann man sich z.B. hier in Magdeburg am Fraunhofer-Institut im Elbedome ansehen. 25 Beamer projizieren 3D-Inhalte an Wand und Fußboden des Rundbaus. Jedoch ist der Aufwand, eine reale Szene hochauflösend in 3D zu gewinnen und zu visualisieren um mehrere 10er Potenzen höher als die platte Sicht auf eine hochauflösende Szene.

Kann man in meinen Panoramen messen?

Nein. Sie sind maßstabslos und enthalten keine geometrischen Informationen.