

OIS.360 – Genauigkeit und Rekonstruktionsqualität eines innovativen Schrägbildsystems

Gerhard Kemper¹

Zusammenfassung

Schrägbild-Kameratechnik hat seit 15 Jahren Eingang in Befliegungen mit Flugzeugen aber mittlerweile auch UAVs gefunden. Der Bedarf an Daten für 3D Rekonstruktion von Gebäuden ist groß. Das innovative Kamerasystem OIS.360 stellt durch die Einsparung kostenintensiver Hardware eine signifikante Innovation im Markt dar. Der Nachweis der Genauigkeit und Rekonstruktionsqualität ist Gegenstand dieser Ausführungen. Mehr aufgenommene Perspektiven stehen im Gegensatz zu möglicher mechanischer Instabilität, Grenzen in der GSD und unzureichenden Überlappungen. Die Aufnahme von 8 Perspektiven übertrifft hingegen herkömmliche Systeme. Dieser Artikel befasst sich mit Kalibrierungs- und Rekonstruktionspfaden und überprüft, ob sequenziell erfasste Daten mit herkömmlichen Systemen vergleichbar sind. Es werden verschiedene Auswerte-Sequenzen verglichen, um AT-Ergebnisse, Kamerakalibrierung sowie die Wiederholgenauigkeit der Winkel nur aus GNSS-Messungen zu analysieren. Ein Vergleich der Rekonstruktionsqualität unter Verwendung von Gaussian-Splatting wird in der Untersuchung ebenso durchgeführt.

Schlagwörter Schrägbildsystem digitaler Zwilling Gaussian Splatting Kamerakalibrierung

1 Sensorsystem

Im Vergleich zu Systemen mit 5 Kameras (Nadir plus 4 Schrägkameras) nutzt OIS.360 eine Nadir- und eine rotierende Schrägkamera mit 120 MP und Global-Shutter-Technologie.

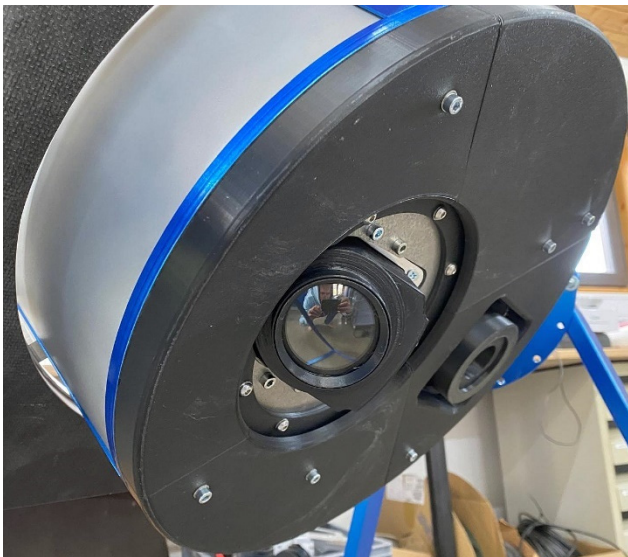


Abbildung 1 OIS.360 während eines mechanischen Stresstests im Labor mit mehr als 250.000 Zyklen

Der Vorteil liegt im deutlich reduzierten Anschaffungspreis (-60%) und darin, dass acht Perspektiven mit einer Rotation von 45° und einem Neigungswinkel von 45° aufgenommen werden können. Die Bilder werden sequentiell aufgenommen und bilden in drei Sekunden acht Aufnahmen. Dies kann zu weniger Überlappungen in der Zeile, aber zu mehr Ansichten und mehr Überlappungen im gesamten Block führen. Da die Kamera in die Ausgangsposition zurückdreht, gibt es einen Zeitraum von etwa 400ms, in dem keine Bilder aufgenommen werden können, was je nach Fluggeschwindigkeit die maximale GSD bzw. die dazu passende Überlappung limitiert.

1.1 Systembeschreibung

Als Nadirkamera ist eine 150 MP Mittelformatkamera mit 70 mm integriert. Diese wird ganz klassisch über eine Flug navigationssoftware nach vorgeschalteter Bildflugplanung (Überlappung, GSD, Geländeanpassung) via GNSS-Position getriggert. Für die Schrägbildplanung werden weitere Flugstreifen und Streifenlängen benötigt, um die geplante Fläche mit der Schrägbildkamera ausreichend abzudecken.

Die Schrägbildkamera ist eine PhaseOne iXM-GS 120 mit 80 mm Objektiv. Sie ist auf einem Drehlager installiert und wird über einen Schrittmotor präzise angesteuert. Kern

¹ GGS GmbH, Kämmererstr.14, D-67346 Speyer, E-Mail gerhard.kemper@ggs-solutions.eu

ist ein hochintegrierter Schrittmotor-Controller mit Encoder der über hardwarenahe Firmware angesteuert wird. Beschleunigung, Abbremsen, Auslösen, Kamerasignal erfassen und Beschleunigen ist dabei die komplexe Herausforderung, um keine Schwingungen beim Anhalten zu erzeugen und die Kamera während der Auslösung zu 100% in statischer Ruhe zu haben. Dieser Kompromiss zwischen schneller Sequenz und scharfer Bilderfassung ist Kernstück der Entwicklung und erfordert umfängliche Programmierung von Beschleunigungs- und Abbremsrampen um Übersteuerung, Schrittverluste und Nachschwingen der Einheit zu vermeiden. Eine optimale Schwerpunktlage ist dazu unabdingbar, was eine präzise mechanische Konstruktion erfordert.

Stromversorgung, Bilddatenübertragung und Steuerung von Trigger- und Eventsignalen sowie GNSS-Tags erfolgen über Kabelzuleitungen, was ein Rückdrehen der Kamera am Ende der Sequenz in die Ausgangsposition erfordert. Mit einem Abstand von 325 ms werden 8 Aufnahmen getriggert, für die Rückfahrt (315°) sind ca. 900 ms notwendig.

Die Verarbeitung der Bilddaten bei dieser schnellen Bildfolge der Kamera (bis 5 fps) ist nur durch eine eigene Softwarelösung möglich. Diese erlaubt allerdings auch Einstellung von Blende, Verschlusszeit und ISO sowie Vorschaubilder. Die Daten werden im komprimierten IIQs-Format erfasst, welche von verschiedenen Programmen direkt verarbeitet werden können. Die Bild-Sequenz wird am Beginn der Fluglinie gestartet und mit der maximalen Geschwindigkeit bis Linienende wiederholt.

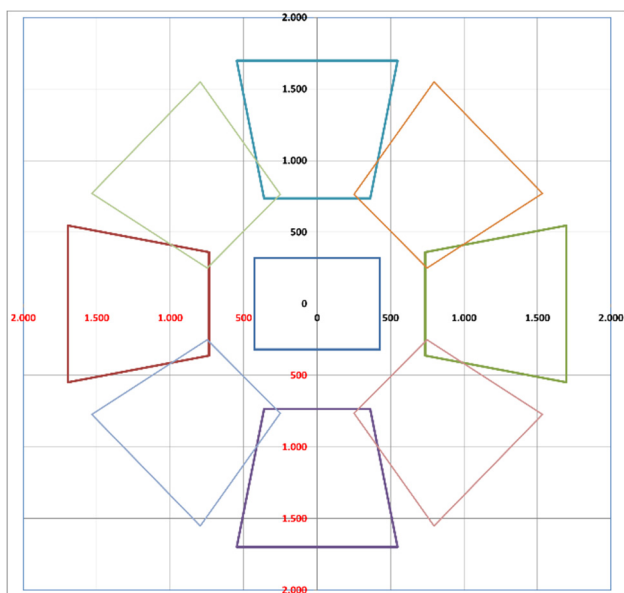


Abbildung 2. Statische Footprints @ 6 cm GSD für das OIS.360

1.2 Testbefliegungen

Es wurden im Herbst 2025 insgesamt 3 Flüge mit der Firma Geoplana GmbH durchgeführt.

Am 18. September wurde der erste Test über Marbach mit noch modifizierter Kamera-Objektivkombination zur grundsätzlichen Validierung des Konzeptes geflogen. Dabei zeigte sich, dass das 110 mm Schneiderobjektiv für die Schrägbildkamera nicht ideal ist, da die Linienauflösung für den Sensor nicht ausreichte und so leichte Unschärfen auftraten.

Ein weiterer Flug über Schwäbisch Hall am 13. November mit neuer Sensor- und Objektivkombination brachte optimale Ergebnisse in der Bildqualität, allerdings mit Problemen bei der Bildspeicherung mit der neuen Capture Software in Kombination mit der Flugführung.

Ein dritter Flug am 1. Dezember über Marbach konnte die Probleme der Gesamtsteuerung lösen, dabei wurden auch Winkelberechnungen in die Geo-Tags eingeführt, jedoch rein auf GNSS-Daten basierend. Diese werden später mit den AT-Resultaten verglichen und diskutiert.

Die Missionen wurden auf 4 cm GSD für die Nadirkamera mit einer Überlappung von 80/60% geplant. Das ist eine sehr gängige Konfiguration für Schrägbild-Missionen. Das ergab eine durchschnittliche GSD von 5 cm für die Schrägansichten. Geplant und navigiert mit Topoflight, werden Positions- und Rotationsparameter in einer Logdatei sowie in den Exif-Informationen gespeichert.

Im letzten Flug wurden einige Streifen mit einer GSD von 3 cm nadir geflogen, um die Kamerakalibrierung zu verbessern sowie als Versuch, auch höhere Auflösungen außerhalb der geplanten Spezifikation zu erreichen

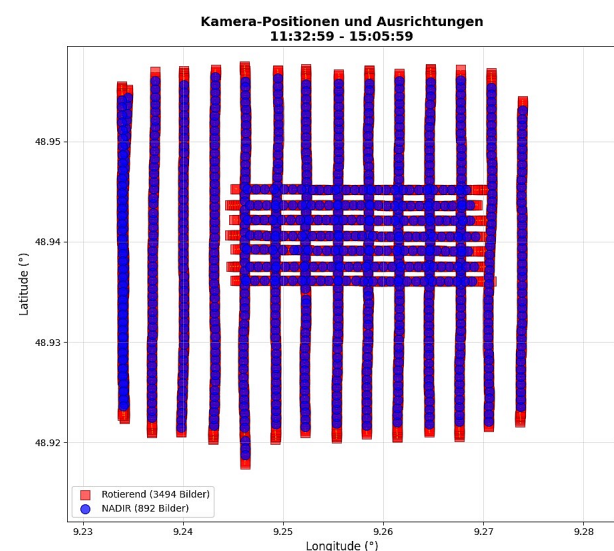


Abbildung 3. Ergebnis der Befliegung vom 1.12. mit 3 und 4 cm GSD über Marbach

2 Aerotriangulation

Die Verarbeitung der Bilddaten wurde in verschiedenen Programmen wie Skyline PhotoMeshTM und Agisoft Metashape aber auch Bingo durchgeführt. Während PhotoMeshTM direkt mit dem internen Format IIQ arbeiten kann, mussten für die anderen Programme die Bilder in Tiff umgewandelt werden.

Alle Programme konnten die Bilder ohne Probleme verknüpfen und gute AT Ergebnisse liefern. Die Geschwindigkeit der Verknüpfung war dabei sehr von der Qualität der mitgelieferten EO Daten abhängig. Bei dem letzten Flug, welcher auch angenäherte Winkel bereitstellte, ging besonders bei PhotoMesh die Verknüpfung und AT um 60% schneller.



Abbildung 4 Sequentielle Bildfolge der Schrägbildkamera

2.1 AT verschiedener Bildsequenzen

Im Folgenden wurden bestimmte Kombinationen an Bildperspektiven ausgewählt, um diese separat zu orientieren. Insgesamt erzielte PhotoMesh und Bingo die besseren und robusteren Ergebnisse. Alle Varianten durchliefen denselben Prozesspfad, um Bildverknüpfung, Kamerakalibrierung und AT zu vergleichen

Ein den Standard-Obliquen Kamerasystemen ähnliches Setup wurde mit 4 Schrägansichten (hinten, vorne, links, rechts) plus Nadiransicht, ausgewählt. Eine Gesamtgenauigkeit von 0,4 Pixeln wurde erreicht, das ist

tatsächlich vergleichbar zu bisher getesteten klassischen Systemen (z.B. OIS.L) (Kemper et al., 2016).

In einem zweiten Szenario wurden die 4 zur Nadirkamera 45 Grad diagonalen Bildansichten (links hinten, links vorne, rechts vorne, rechts hinten) plus die Nadiransicht verwendet. Auch hier wurde mit 0,4 Pixeln eine vergleichbare Genauigkeit erzielt, obgleich durch die veränderte Perspektive und das andere Matchingpattern eine Verbesserung erwartet wurde.

Die Verwendung aller 8 Schrägansichten ohne Nadirbilder führt zu einer Genauigkeit des gesamten Bildblocks von 0,65 Pixeln und liegt hinter dem klassischer Systeme. Dies ist verständlich, da eine Nadirkamera unabhängige Auflösung und Beobachtungen bietet, was eine unabhängige Korrektur des Gesamtblocks ermöglicht. Unter Akzeptanz verringerter geometrischer Genauigkeit könnte auf eine Kamera verzichtet werden.

Die Verwendung aller 8 Ansichten plus Nadirkamera lieferte erwartungsgemäß das beste Ergebnis mit etwa 0,32 Pixeln und einer sehr robusten Kamerakalibrierung.

Der Vorteil des OIS.360 ist, dass es nur 2 Kameraköpfe enthält und damit nur 2 innere Orientierungen (Kamerakalibrierungen) zu bestimmen sind. Ein klassisches System besitzt hier mehr Freiheitsgrade und ist geometrisch weniger stabil. Dennoch ist die Genauigkeit nicht signifikant höher, was sich in der etwas unbestimmten Bildüberlappung und Bildsequenz und damit größerer Variabilität der EO zeigt.

2.2 Kamerakalibrierung

Die Ergebnisse der Kamerakalibrierung waren je nach Software und Bildsequenz etwas unterschiedlich. Die Kamerakalibrierung wurde grundsätzlich aus den Flugdaten ermittelt. Passpunkte wurden für diesen Test nicht genutzt. Metashape hatte bei der Auswertung ausschließlich der Schrägbilder größere Differenzen zwischen der kalibrierten Brennweite und der Werkskalibrierung berechnet, dies wurde durch PhotoMesh und Bingo deutlich besser gelöst.

Beim Bildflug Schwäbisch Hall, in dessen Bildblock größere Höhenunterschiede des Geländes und der Gebäude bestehen, waren alle Programme ausreichend gut und nahe der Werkskalibrierung. Beim letzten Bildflug über Marbach, bei dem 7 weitere Flugstreifen in 3 cm GSD erfasst wurden, gelang auch mit Metashape eine gute Kalibrierung aller Parameter, auch der Brennweite. 4075 Bilder gingen in die Berechnung ein.

Die resultierenden Restverzeichnungen zeigten keine systematischen Muster mehr, was auf eine gelungene Kalibrierung hindeutet. Diese entsprechen dem klassischer

Systeme mit mehreren Kameras (Kruck & Melykuti, 2014; Kemper et al., 2016), aber auch einzelnen Mittelformat-Kameras (Tölg et al. 2016).

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	23336.5	4.43606	1.00	-0.05	0.18	-0.29	-0.03	-0.99	0.98	-0.95	0.92	-0.05	0.19
Cx	50.293	4.10289		1.00	-0.02	0.05	0.70	0.05	-0.05	0.06	-0.06	1.00	-0.02
Cy	570.068	3.15858			1.00	-0.45	0.02	-0.15	0.14	-0.13	0.12	-0.02	0.99
B1	-116.211	0.229329				1.00	0.01	0.29	-0.30	0.30	-0.29	0.05	-0.44
B2	4.35067	0.171878					1.00	0.03	-0.04	0.04	-0.04	0.71	0.02
K1	0.0522972	0.0106365						1.00	-0.99	0.98	-0.95	0.05	-0.16
K2	0.112036	0.21498							1.00	-0.99	0.98	-0.05	0.16
K3	-0.629283	1.87828								1.00	-0.99	0.06	-0.15
K4	7.30619	6.02382									1.00	-0.06	0.14
P1	-1.54201e-05	0.000105084										1.00	-0.02
P2	0.00139071	7.99597e-05											1.00

Abbildung 5: Kalibrierungsmatrix für die Schrägbildkamera

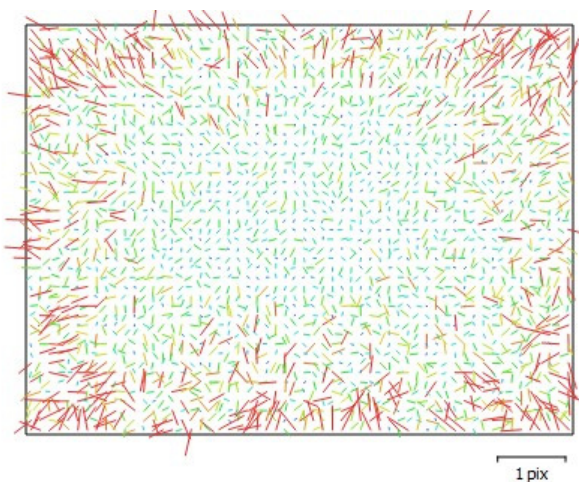


Abbildung 6 Restfehler Plot der Oblique Kamera

2.3 Start-Parameter / Geotags

Im letzten Flug war bereits ein GNSS-Receiver integriert, dessen Werte als Position aber auch die berechneten Winkel in die EXIF-Daten der Bilder geschrieben wurden. Die Pitch- und Roll Winkel wurden für die Nadir Kamera auf 0 gesetzt und der Heading Winkel aus dem Kurs über Grund der GNSS-Daten errechnet. Dies ist nur eine grobe Annahme, hilft aber die Bilder grob zu sortieren. Bei der Schrägbildkamera wurde der Pitch auf den Montagewinkel von 4 Grad gesetzt, der Rollwinkel auf 0 Grad und der Heading-Winkel aus dem Kurs über Grund mit den Inkrement Werten des Motorsensors verrechnet. Auch dies ist nur eine grobe Annahme, hat aber in PhotoMesh geholfen, die Bildverknüpfung und AT in 50% der Zeit durchzuführen.

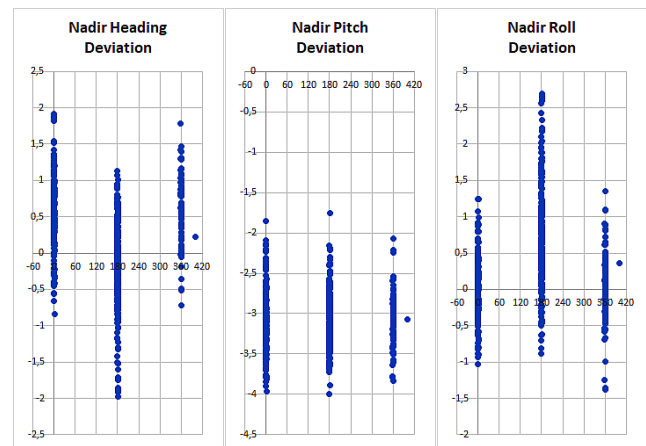


Abbildung 7 Abweichung der Vorgabe- zu den AT-Werten

Abbildung 7 zeigt systematische Abweichungen der errechneten AT Winkel in Abhängigkeit von der Flugrichtung. Neben der Schwankung des Headingwinkels um ca. $\pm 1.5^\circ$ ist bei der Flugrichtung eine Drift durch Seitenwind feststellbar. Die Offsetbeträge ändern sich mit der Flugrichtung. Bei der Nadir-Abweichung von Pitch gibt es diese nicht, stattdessen gibt es eine schräge Einbaulage von ca. -3.2° , die konstant ist. Die Schwankung ist bei etwa $\pm 1^\circ$ unspezifisch. Bei der Rollbewegung sind $\pm 1^\circ$ Variation vorhanden mit einer leichten Abhängigkeit von der Flugrichtung respektive Seitenwind. Durch eine Kalibrierung der Einbaulage wäre eine leichte Verbesserung zu erreichen. Eine GNSS IMU Lösung zumindest für die Nadirkamera ist möglich.

Nicht möglich ist die Installation einer IMU auf der rotierenden Kamera, die Beschleunigung würde ohne geeignete Kalman-Filter und Verwendung besonderer Gewichtung der Einzelsensoren keine vertrauenswürdigen Werte liefern. Abbildung 8 zeigt die gleiche Analyse an der Schrägbildkamera.

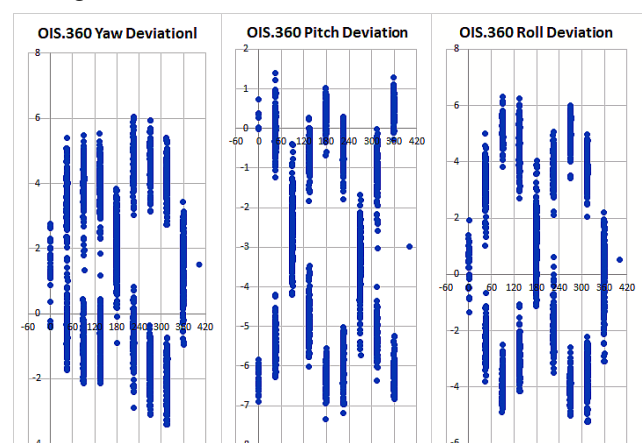


Abbildung 8 gleiche Analyse an der Schrägbildkamera

Eigentlich zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der Nadirkamera. Allerdings dreht sich die Kamera gegen die Flugrichtung und das berechnete Heading verursacht aus dem „Kurs über Grund“ Werten wieder eine Schwankungsbreite von $\pm 1,5^\circ$ auf der Y-Achse. Bei der Pitch Varianz kommt nun auch hier die Flugrichtung zum Tragen. Die Grundabweichung von -3° springt mit dem Heading der Kamera und die Schwankungsbreite wandert auf der y-Achse. Gleiches ist bei den Rollwinkeln festzustellen, auch hier gibt es systematische Abweichungen mit der Blick- bzw. Flugrichtung.

2.4 Konzepte zur Verbesserung der EO-Parameter

Die systematischen Fehler zeigen, dass es eine Möglichkeit der Verbesserung gibt. Systematiken lassen sich vorausberechnen oder kalibrieren. So ließe sich aus den systematischen Abweichungen der Nadirkamera, die Montagefehler aufzeigt, der Pitchwinkel um 3° , Heading und Roll um ca. $0,3^\circ$ korrigieren. Nicht korrigierbar sind dynamische Fehler durch die Flugbewegung. Diese zeigen im vorliegenden Flug beim Heading eine Schwankungsbreite von $\pm 1,5^\circ$ und einen richtungsabhängigen Versatz von 3° .

Ziel ist nun die Integration einer kleineren GNSS-IMU Einheit auf der Nadirkamera, welche die Drehwinkel auf $0,2^\circ$ bestimmen kann. Sobald diese GNSS-INS Lösung zur Nadirkamera kalibriert ist (Kemper et al., 2012), kann in einem nächsten Schritt die Schrägbildkamera zur Nadirkamera kalibriert werden, jedoch sich die sich ständig verändernden Bezugssysteme zu beachten. Voraussetzung ist jedoch eine gute mechanische Reproduzierbarkeit der Aufnahmepositionen. Diese ist elektromechanisch auf unter $0,1^\circ$ durch die Auflösung des Schrittmotors, der Inkrement Geber und der Untersetzung gegeben. Schrittfelder werden grundsätzlich erfasst und korrigiert. Optisch nachgewiesen wurde dies anhand Slow-Motion-Videoaufnahmen mit Messmarken auf Drehteller und Lagerfassung, welche eine Auflösung von besser $0,5^\circ$ erlaubt. Mit dieser Modifikation kann also das System mit GNSS-INS verbessert werden und so bessere Eingangsparameter liefern und Passpunkte reduzieren.

3 3D-Rekonstruktion

Auch bei der 3D-Rekonstruktion wurden verschiedene Ansätze gewählt, um die Optionen verschiedener Setups zu untersuchen. Alle Bilder hatten das Problem mit der jahreszeitlich bedingten langen Schattenbildung und

insgesamt wenig Licht aber hohen Kontrasten. Hier konnte PhotoMesh durch die direkte Nutzung des IIQ-Formates die volle Bitbreite der Digitalbilder ausnutzen und so eine gute Darstellung der Schattenbereiche neben den zum Teil sehr hellen Fassaden erreichen. Die Modellgenerierung wurde für alle drei Befliegungen mit Skyline PhotoMesh durchgeführt.

Die Auswertung von Flug 1 der 8 Schrägluftbilder führt auch am Boden zu einem guten Ergebnis, aber etwas geringerer Schärfe an den Fassaden und den Kantenstrukturen. Auch die geometrische Genauigkeit scheint an Kanten und Firsten sowie Bodenstrukturen etwas zu leiden. Das bedeutet, dass die Verwendung einer einzigen Kamera mit 8 Ansichten zu hervorragenden Ergebnissen bei der 3D-Konstruktion der Gebäude führt, aber die Genauigkeit des Gesamtbildblocks hinter der Genauigkeit klassischer Systeme zurückbleibt. Die zusätzliche Verwendung der Nadir-Bilder liefert eine bessere Darstellung des Bodens zwischen den Gebäuden und auch der Kantendarstellung, was sicher aus der besseren Geometrie abzuleiten ist. Daneben spielt aber auch die schlechtere Optik der Schrägbildkamera in diesem Flug eine Rolle, was das Modell der reinen Schrägbildansichten weicher erscheinen lässt



Abbildung 9-10 Oben die Innenstadt von Marbach nur mit den Schrägbildern generiert, unten zuzüglich der Nadirkamera

3.1 Auswertung Schwäbisch Hall

Bei der Befliegung Schwäbisch Hall konnte aus den Bilddaten ein nahezu perfektes Modell generiert werden. Bei diesem Flug gab es Probleme zwischen Bildspeicher und Flugführung, was zu nicht homogenen Fluglinien, einzelnen Bildfehlern und wenigen Überlappungsverlusten führte. Zudem waren die Lichtverhältnisse im engen Tal der Kocher schon recht problematisch. Hier konnte die Verwendung der Rohbilddaten vieles ausgleichen und auch gute Auflösung in den Schatten ermöglichen.

Besonders die Dynamik der Kameras kann hier im Rohformat noch einwandfreie Ergebnisse liefern, was zu dieser Jahreszeit nicht zu erwarten war. Eine erste Analyse der Daten zeigt in den nachfolgenden Abbildungen den extrem hohen Kontrast des Gesamtmodells und die immer noch erkennbare Struktur in den tiefsten Schatten des Modells.



Abbildung 11 Tiefer November-Sonnenstand mit fast schwarzen Bereichen hinter der Steilwand des Kocher

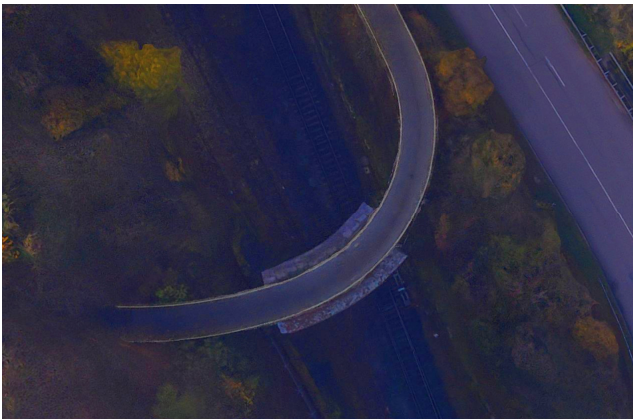


Abbildung 12 Durchzeichnung im fast schwarzen Bereich dank Rohbildformat IIQ

3.2 Gaussian Splatting

Aus der ersten Befliegung Marbach aber auch aus der zweiten von Schwäbisch Hall wurde ein Versuch des Gaussian Splatting mit PhotoMesh durchgeführt.

Gaussian-Splatting analysiert Oberflächen und deren Zugehörigkeit zu Nachbarpunkten. Dies funktioniert mit möglichst vielen Perspektiven am besten und kann so solitäre Objekt wie Masten, Gerüste oder andere freistehende oder solitäre Gebilde besser repräsentieren. Auch an Gebäudekanten ist die Darstellung vielfach besser als Modelle nur generiert aus 3D-Meshes. Dagen werden bei sehr naher Betrachtung oft Flächen etwas verwischt dargestellt. Die Details am dargestellten Gerüst aber auch an den Fassaden und Dachkanten sind signifikant besser.

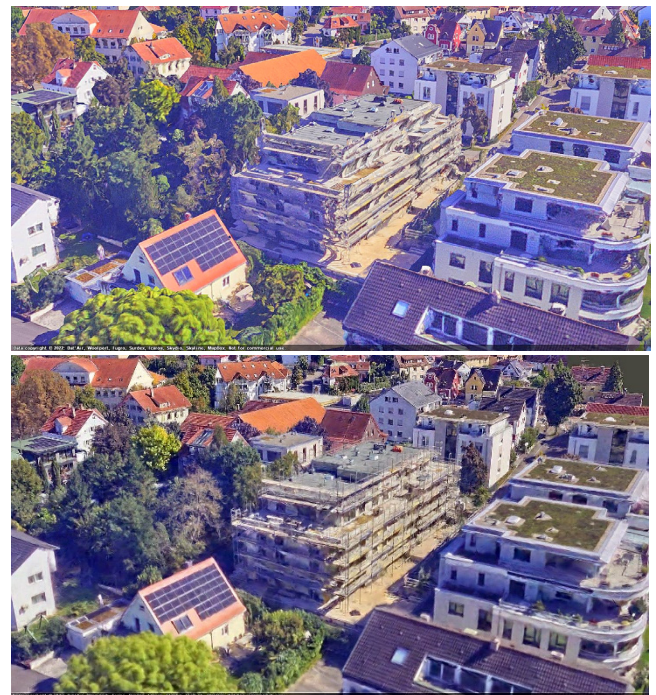


Abbildung 13-14: Oben das Ergebnis der normalen Verarbeitung, unten mit Hilfe Gaussian-Splatting aus 8 Perspektiven

Die nachfolgenden Bilder des Klosters Großcomburg bei Schwäbisch Hall verwendete die erst kürzlich veröffentlichte Betaversion von PhotoMesh mit verbesserter Nutzung der IIQ Daten und optimierte Splat Funktion. Das Gesamtbild ist farblich weicher (realistischer) und die harten Schatten zum Vorteil erkennbarer Strukturen nochmals verbessert. Sehr deutlich sind in der Splat-Variante die Strukturen von den Turmhelmen zu erkennen aber auch die Widergabe des Baugerüsts und andere Fassadenteile. Insgesamt ist das Splat-Modell plastischer und schärfer.



Abbildung 15 3D-Modell des Klosters Großcomburg bei Schwäbisch Hall



Abbildung 16 3D-Modell mit Gaussian Splatting des Klosters Großcomburg bei Schwäbisch Hall

4 Diskussion

Das innovative neue OIS.360 liefert in seiner aktuellen Version bei einer GSD bis zu 5 cm der Schrägbilder absolut vergleichbare Ergebnisse zu klassischen Systemen mit 5

Kameras. Dabei ist die kompaktere und deutlich preiswertere Konstruktion ein Vorteil für limitierte Budgets oder bei Integrationsproblemen in beengten Flugzeugen. Die maximal mögliche GSD ist von der Fluggeschwindigkeit abhängig. Bei maximal 95 Knoten Fluggeschwindigkeit

lieferte auch eine Planung auf 4 cm Schrägbild GSD sehr gute Ergebnisse.

Im Vergleich zur AT-Genauigkeit aber auch Kamerakalibrierung ist das OIS.360 vergleichbar mit einem klassischen System. Mit den getesteten Programmen wurden alle Testbefliegungen gut ausgeglichen, andere Systeme scheinen aber genauere Eingangs- oder Startwerte zu benötigen, um die AT zu lösen. Diese werden in der aktuellen Version noch nicht gut genug bereitgestellt (siehe Kapitel Ausblicke).

Tatsächlich ist in diesen Tests und den geflogenen Auflösungen von 5 cm durch die 8 Perspektiven ein leichter Vorteil im Rekonstruktionsverhalten hinsichtlich Gaussian-Splatting festzustellen. Der Überlappungsgap beim Zurückdrehen der Kameras hatte in keinem der Modelle erkennbare Qualitätsverluste aufgezeigt, zumindest nicht bei einer GSD bis 5cm.

5 Ausblick

Aktuell wird das OIS.360 für den Realbetrieb getestet, dazu gehören Dauertests der Lager und die finale Integration einer IMU, um bessere Startwerte zu generieren. Die Integration eines GNSS mit 2 cm Auflösung ist optional möglich. Die aktuelle Genauigkeit von 1 m mit 0,5 Grad der Winkel ist bereits wesentlich besser als die Lösung bei den Testbefliegungen im Herbst 2025. Optimierung der Bilderfassungssoftware, der Flugführung und des Operator Interfaces ist bereits implementiert. Das System ist ab Februar produktionsreif und ab März auslieferbar.

Bereits jetzt wird an einer schnelleren Drehtechnik gearbeitet. Erste Tests mit anderen Motorendstufen, Übersetzungen, Ansteueralgorithmen sowie etwas stärkere Motoren ermöglichen einen vollen Zyklus auf bis zu 2 Sekunden zu reduzieren. Dies ermöglicht auch höhere Auflösungen (kleiner GSD) bei ausreichender Überlappung oder bei gleicher GSD mehr Daten für eine verbesserte 3D Rekonstruktion. Damit skaliert das System in dem Aufnahmezyklus zeitlich nach unten, auch der Gap zum Zurückdrehen wird kleiner, ist aber noch vorhanden.

Daher sind Versuche mit Schleifringen geplant, wobei die Schwierigkeit der hohen Datenmenge nur via Lichtleiterübertragung möglich ist. Parallel müssen auch Strom und Signaldaten geschleift werden. Würde das gelingen, wäre der limitierende Faktor die Framerate der Kamera von 4-5 fps und ein Vollzyklus von 1,6 Sekunden und damit 2,5 cm GSD theoretisch möglich.

Literaturverzeichnis

- Fraser, C., & Stamatopoulos, C. (2014). Automated target-free camera calibration. ASPRS 2014 Annual Conference, Louisville, Kentucky, USA. <https://old.asprs.org/a/publications/proceedings/Louisville2014/Fraser.pdf>, letzter Zugriff 20. Februar 2026
- Heipke, C. (2017). Photogrammetrie und Fernerkundung. Handbuch der Geodäsie, herausgegeben von W. Freeden und R. Rummel. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-47094-7>
- Kemper, G., Melykuti, B., & Yu, C. (2016). Calibration procedures on oblique camera setups. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B1, 205–209, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B1-205-2016>
- Kemper, G., Pivnicka, F., & Geissler, S. (2012). Calibration Procedures in Mid Format Camera Setups. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XXXIX-B1, 149–152, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XXXIX-B1-149-2012>
- Kruck, E., & Melykuti, B. (2014). Kalibrierung von Oblique- und UAV Kameras. Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation e.V., 23, 120, <https://www.dgpf.de/src/tagung/jt2014/proceedings/papers/Beitrag120.pdf>, letzter Zugriff 20. Februar 2026
- Motz, M., Kemper, G. & Ciobanu, D. (2021). Accuracy validation of tilted camera setups in open skies project and mapping applications. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B1-2021, 77–83, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2021-77-2021>
- Orlik, T., Schechter, E.B., & Kemper, G. (2021). 3D Modelling using aerial oblique images with close range UAV based data for single Objects. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B2-2021, 377–382, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2021-377-2021>
- Tölg, T., Kemper, G., & Kalinski, D. (2016). Medium-format camera evaluation based on the latest PhaseOne technology. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B1, 121–126, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B1-121-2016>