



Co-funded by
the European Union

MODUL 07

AUSBILDUNGSPROGRAMM

PHOTOGRAMMETRIE



Dirección General de Formación
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA,
HACIENDA Y EMPLEO



BZB
Bildungszentren des
Baugewerbes e.V.





Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

Inhaltsverzeichnis

1. Ziele des moduls	6
2. Grundsätze der photogrammetrie.....	7
2.1 Geschichte der Photogrammetrie	7
2.2 Was ist Photogrammetrie	8
3. Photogrammetrische aufnahmen	10
3.1 Allgemeine Grundsätze.....	10
3.2 Manueller Modus	12
3.3 Prinzip der Landphotogrammetrie mit einer Drohne	13
3.4 Positionierung von Geolokalisierungszielen	15
3.5 Maßvorgaben oder Maßnahmen an Gebäuden.....	16
3.6 Fall eines durch einen Scan vervollständigten Modells.....	17
3.7 Prinzip der Fassadenphotogrammetrie mit einer Drohne.....	18
3.8 Prinzip der Photogrammetrie des gesamten Gebäudes :	21
4. Programmierter flug.....	23
4.1 Grundsätze der Programmierung	23
5. Verarbeitung	28
5.1 Beispiel Software : Agisoft Metashape	28
5.2 Bilder laden	29
5.3 Fotos ausrichten.....	30
5.4 Erstellen einer Punktwolke.....	31
5.5 Skalierung und Georeferenzierung einer Punktwolke.....	34
Kontrolle des Koordinatensystems der Fotos.....	34
5.6 Skalierung der Punktwolke durch Dimensionsmarker	41
Methode: Metashape Skalenbalken.....	42
6. Ein einfaches netz oder ein netz mit texturen zu erhalten.....	45
6.1 Ausarbeitung eines 3D-Netzes.....	45
Erstellen einer Textur auf dem Netz.....	48
6.2 Erzeugen eines Kachelmodells.....	50
7. Erstellung eines orthofotos oder orthomosaic	53
8. Erstellung eines digitalen höhenmodells	55

Ein DSM erstellen.....	55
9. Multiklassifizierung einer punktwolke	62
10. Ein digitales modell exportieren und ein video erstellen	67
10.1 Ein Modell exportieren.....	67
In einem Viewer öffnen.....	68
10.2 Videoaufzeichnung von Metashape	69
Einfaches " Drehmodell " Video.....	69
Video mit einem bestimmten Kamerapfad.....	71
11. Zeichnen eines plans anhand eines modells oder eines orthomosaiks.....	72

DRONES4VET Erasmus+ Projektteilnehmer und Autoren

CMQE HEREC Occitanie France Team:

Régis Lequeux – Dozent, Bauingenieur, Lycée Dhuoda, Nîmes – Koordinator der 10
Module
Nicolas Privat – Dozent, Bauingenieur, Lycée Dhuoda, Nîmes
Eric Remola – Dozent, Lycée Dhuoda, Nîmes
Nicolas Vassart – Dozent, Ph.D., Lycée Dhuoda, Nîmes
Valerie Poplin – CMQE HEREC Geschäftsführer

MTU Irland Team:

Sean Carroll CEng MEng BEng (Hons) MIEI Dozent und Forscher
Michal Otreba Inz, MScEng, PhD, Dozent und Forscher, beide Koordinatoren des
Einstufungs- und Nachbereitungssitzungen für Pädagogen

FH Kufstein Tirol. Österreich

Emanuel Stocker, Hochschullehrer für Facility- und Immobilienmanagement
Sarah Plank, F&E Controllerin

CRN Paracuellos-Team (Dirección General de Formación. Comunidad de Madrid). Spanien

José Manuel García del Cid Summers, Direktor
Daniel Sanz, Direktor der Dron-Arena
Santos Vera, Techniker
Jorge Gómez Sal, Leiter der Technischen Einheit
Fernando Gutierrez Justo, Erasmus-Koordinator – Projektantragsteller

BZB Düsseldorf. Deutschland:

Frank Bertelmann-Angenendt, Projektleiter
Markus Schilaski, Projektleiter

DEX. Spanien

Ainhoa Perez
Ignacio Gomez Arguelles
Diego Diaz Mori
Yvan Corbat
Erasmus-Management

1. Ziele des moduls

Dieses Modul ermöglicht es zunächst zu verstehen, was Photogrammetrie ist, dann die Techniken zu sehen, um automatische oder manuelle Flüge von Drohnen für diese Tätigkeit zu erreichen und schließlich die Bilder zu verarbeiten, um 3D-Modelle zu erhalten und sie zu nutzen.

Basismodul für den Einsatz von Drohnen im Bauwesen, wobei alle hier aufgeführten Kenntnisse von wesentlicher Bedeutung sind.

2. Grundsätze der photogrammetrie

2.1 Geschichte der Photogrammetrie

Diese Methode wurde in Frankreich erfunden (Fassade des Hotel des Invalides für Aimé Laussedat im Jahr 1849) und basiert auf dem Prinzip der Korrelation von Bildern, die aus verschiedenen Blickwinkeln aufgenommen wurden was die automatische Erkennung homologer Punkte ermöglicht.

Die Photogrammetrie wurde zwischen den beiden Weltkriegen dank der Entwicklung von Luftbildern industrialisiert, die es ermöglichten, viel genauere Karten von ganzen Gebieten oder Ländern zu erstellen.

Diese sehr mühsame Arbeit erfordert eine beträchtliche Rechenleistung. Es ist daher nur logisch, dass die professionellen Anwendungen erst in den letzten Jahren demokratisiert wurden, da die früher für diese Art von Arbeiten eingesetzten Supercomputer viel weniger geeignet sind als die modernen Bürocomputer, die heute über die erforderliche Rechenleistung verfügen.



← 3D-Modell von Google Maps, gewonnen durch photogrammetrie (Lyon, Frankreich)

Abbildung 2-1 Google Maps-Modell (Google)

Drohnen, die die Aufnahme von Luftbildern oder Fassaden erleichtern, beschleunigen die Entwicklung der Photogrammetrie weiter.

2.2 Was ist Photogrammetrie

Photogrammetrie ist "die Gesamtheit der Techniken zur Bestimmung der Form, der Abmessungen und der Lage eines Objekts im Raum anhand von Fotografien" (aus dem Wörterbuch Larousse). Das auf diese Weise erstellte 3D-Modell ist eine exakte Kopie des Originalobjekts (sofern Maßangaben vorhanden sind), allerdings auf einem Computerbildschirm.



Abbildung 2-2 Beispiel für ein 3D-Modell (<https://numerisation3d.construction>)

Der Mensch kann aufgrund der 2 Augen dreidimensional sehen. Wenn wir ein Objekt gleichzeitig aus zwei Blickwinkeln betrachten können, erhalten wir eine dreidimensionale Vorstellung davon. Dieses Prinzip, Stereoskopie genannt, wird in der Photogrammetrie verwendet.

Wir haben mehrere invariante Punkte, die zu einer Oberfläche gehören (unabhängig von den Bewegungen der Oberfläche im Raum haben diese Punkte immer dieselben Koordinaten im Objektraum), und mehrere Sichtpunkte, deren 3D-Position im Raum nicht bekannt ist (aufeinanderfolgende Kamerapositionen), die aber diese zur Oberfläche gehörenden Punkte "anvisieren". Mehrere "Blickpunkte" (aufeinanderfolgende Kamerapositionen) erzeugen Sichtlinien, die durch die identifizierten Punkte auf der Oberfläche verlaufen.

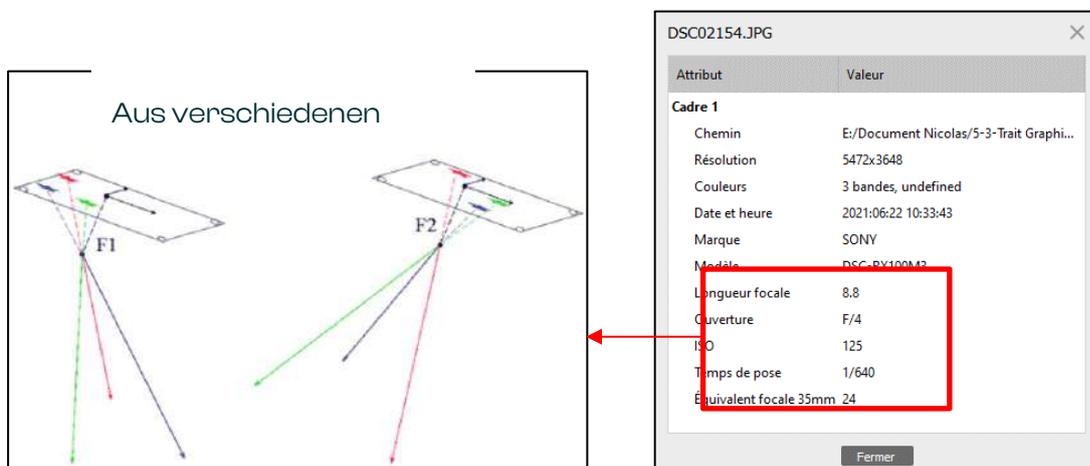


Abbildung 2-3 unabhängige Fotos desselben Objekts (techno-science.net)

Durch aufeinanderfolgende Iterationen der Koeffizienten der Liniengleichungen (Ad-hoc-Software) können wir die Koordinaten X, Y und Z jedes Punktes im Objektraumen berechnen.

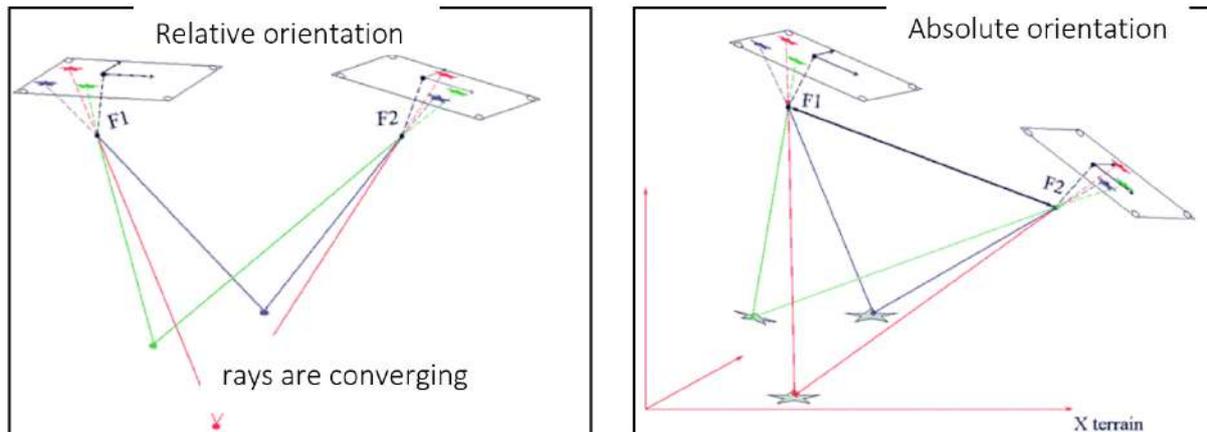


Abbildung 2-4 relative und absolute Ausrichtung der Fotos durch die Software

Die Bildkorrelation besteht in der Tat in der automatischen Erkennung homologer Pixel auf einer bestimmten Fläche. Ziel ist es dann, die relative Ausrichtung der Bilder (Fotos) anhand dieser als homolog identifizierten Punkte zwischen diesen Bildern zu bestimmen.

Bildanalysealgorithmen ersetzen das menschliche Sehen, indem sie jedem Punkt eines Bildes A einen homologen Punkt in einem Bild B zuordnen. In diesem Stadium geht der Computer algorithmisch zu einer stereoskopischen Lesung der Szene über, um die relativen Positionen jedes Punktes zu bestimmen. Die Vervielfachung des Prozesses auf eine große Anzahl von Blickwinkeln macht die Berechnung der Position jedes Pixels zuverlässiger, indem der Fehler geteilt und gleichzeitig der Umfang der 3D-Modellierung erhöht wird. In diesem Stadium erhalten wir ein 3D-Modell, das homothetisch zu den tatsächlich fotografierten Objekten ist. Um eine digitale Kopie der realen Größe der Objekte zu erhalten, ist es notwendig, der Software Angaben zu den Messungen zu machen: Entweder die Entfernungsangaben zwischen verschiedenen Punkten (nach Messungen auf dem Boden oder durch Hinzufügen eines Lineals oder eines Visiers auf den Fotos) oder die Koordinaten der topografischen Referenzpunkte auf den Objekten und auf den Fotos.

3. Photogrammetrische aufnahmen

3.1 Allgemeine Grundsätze

Die folgenden Kriterien müssen bei der Aufnahme von Bildern erfüllt sein:

- Konstante Brennweite des Objektivs, kein Zoom für dieselbe Serie von zusammen verarbeiteten Fotos
- Konstante Helligkeit der Fotos: Um schwarze Schatten zu vermeiden, ist es besser, an einem bewölkten, aber nicht zu dunklen Tag (und ohne Regen) zu fotografieren. Abwechselnd Sonne/Wolken sind schlecht, an sonnigen Tagen müssen Fotos in den Schattenbereichen hinzugefügt werden.
- Schärfe: Um Bewegungsunschärfe zu vermeiden, sollten Sie nicht bei starkem Wind fotografieren, nicht mehr als 30 km/h Windgeschwindigkeit, abhängig von der Stabilität Ihrer Drohne. Insbesondere bei Aufnahmen von Gebäuden, Fassaden oder scharfen Bergen können die Windturbulenzen die Drohne erschüttern und zu mehr Bewegungsunschärfe führen.
- Präzision: Verwenden Sie die beste Definition des Bildsensors, 15 Mpx ist das Minimum
- Konstanter Abstand zum Boden, zur Fassade oder zum Gebäude, auch im Kreisflug
- Konstante Neigung der Kamera für den Flug, die Gruppe von Bildern zusammen verarbeitet
- Mindestens 70% **Überlappung** der Fotos in alle Richtungen, besser 80%, sonst unmöglich zu verarbeiten

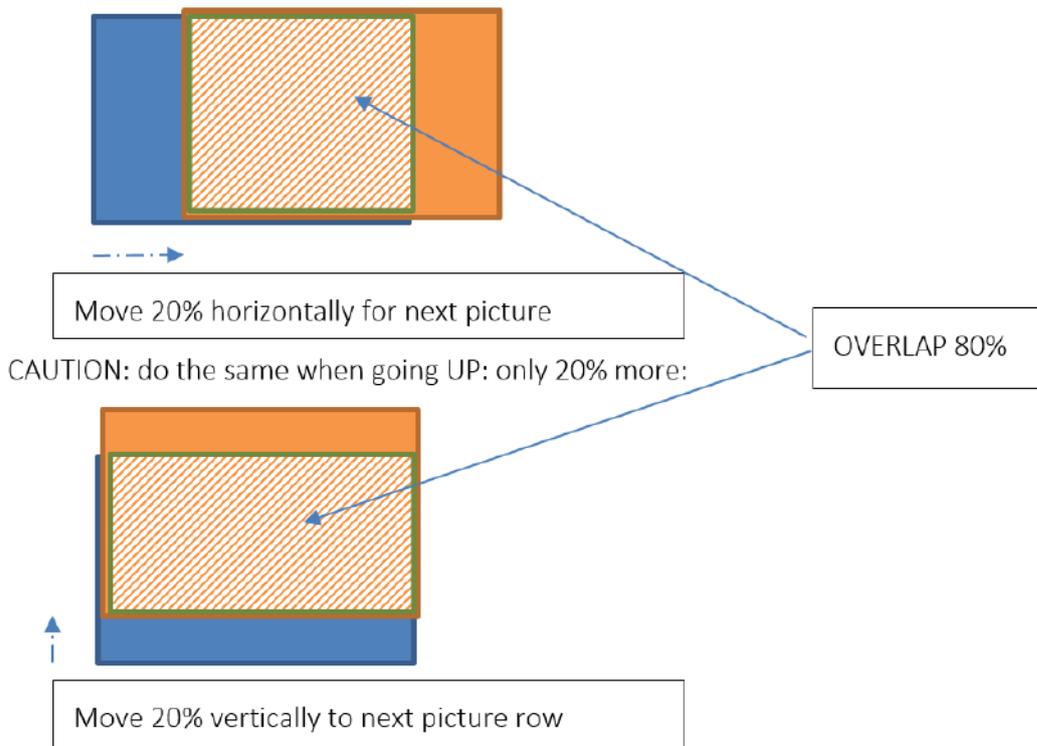


Abbildung 3-1 horizontale und vertikale Überschneidungen

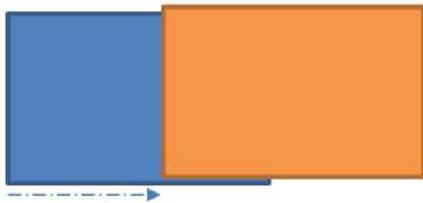
- Maximale Auflösung der Kamera, angepasst an den gewünschten Detaillierungsgrad: Die Fernbedienung gibt im Allgemeinen die Größe eines Pixels auf dem Boden in Abhängigkeit von der Höhe an. Da der Pixel das kleinste Detail eines Bildes ist, gibt diese Größe in mm die Größe des kleinsten auf dem Modell sichtbaren 3D-Details an.
- So wenig Komprimierung wie möglich, aber die kameraeigenen Bildverbesserungsmaßnahmen können beibehalten werden (Korrektur von Objektivfehlern, Kontrast- und Farbverbesserung, Ausgleich von Helligkeitsunterschieden). Das .tiff-Format ist sehr gut, erzeugt aber große Dateien, das .jpg-Format verliert einige Details, ist aber gut geeignet, um zu lernen oder einfache Modelle mit Dateien mittlerer Größe zu erstellen.

3.2 Manueller Modus

Die Drohne wird direkt von der Steuerung aus per Hand gesteuert, aber die Fotos können automatisch aufgenommen werden.

Zur Erinnerung: Füllen Sie das "Drohnen-Missionsblatt" aus und führen Sie einen vollständigen Vorflugcheck durch (Modul 5: Flugübung)

o Wir können die "**Zeitraffer**"-Aufnahme verwenden, die alle "x" Sekunden ein Bild aufnimmt (hängt von der Drohne oder Kamera ab) und dann das Ergebnis in Überlappung analysiert, um die Geschwindigkeit anzupassen



Too fast... not enough overlap... and risk of motion blur. Lower the inclination angle to adjust speed.



Too slow... lots of pictures, long time to process. Increase the inclination angle to adjust speed.

Abbildung 3-2 Falsche Überlappung aufgrund falscher Zeitraffereinstellung oder Geschwindigkeit

- Wenn das GPS einen guten Empfang hat, können wir auch einen "**GPS-Lapse**" einrichten, der alle "x" Meter ein Bild aufnimmt, das so eingestellt wird, dass es sich gut überlappt. Normalerweise wird die Entfernung in 3D berechnet, so dass es auch beim Aufsteigen funktioniert.
- Sie können auch automatisierte "**Zeitraffer- oder GPS-Lapse**"-Fotos programmieren und das Ergebnis analysieren.

Der Flug besteht in einer vollständigen Abdeckung des Gebiets mit den erforderlichen Überschneidungen.

Siehe unten den programmierten Flug für die möglichen Flugbahnen, da es sich um das gleiche Prinzip handelt.

Bei der Fassadenphotogrammetrie ist ein manueller Flug erforderlich, auch wenn es automatische Systeme mit programmierten Wegpunkten gibt.

NB: Im manuellen Modus ist ein kurzer Testflug erforderlich, um die Parameter Geschwindigkeit und "xxx-lapse" der Aufnahme einzustellen, um eine gute Überlappung zu erhalten.

3.3 Prinzip der Landphotogrammetrie mit einer Drohne

Überfliegen Sie den zu digitalisierenden Ort in 3D und decken Sie den gesamten Bereich mit überlappenden Bildern ab.

- beste Ergebnisse mit einem Gitterflug
- beste Ergebnisse mit einem zweiten Flug mit einem Winkel auf der Kamera und einem Gitterflug
- Fliegen Sie weit weg vom Rand des Modells, um eine gute Überlappung an den Rändern zu gewährleisten.

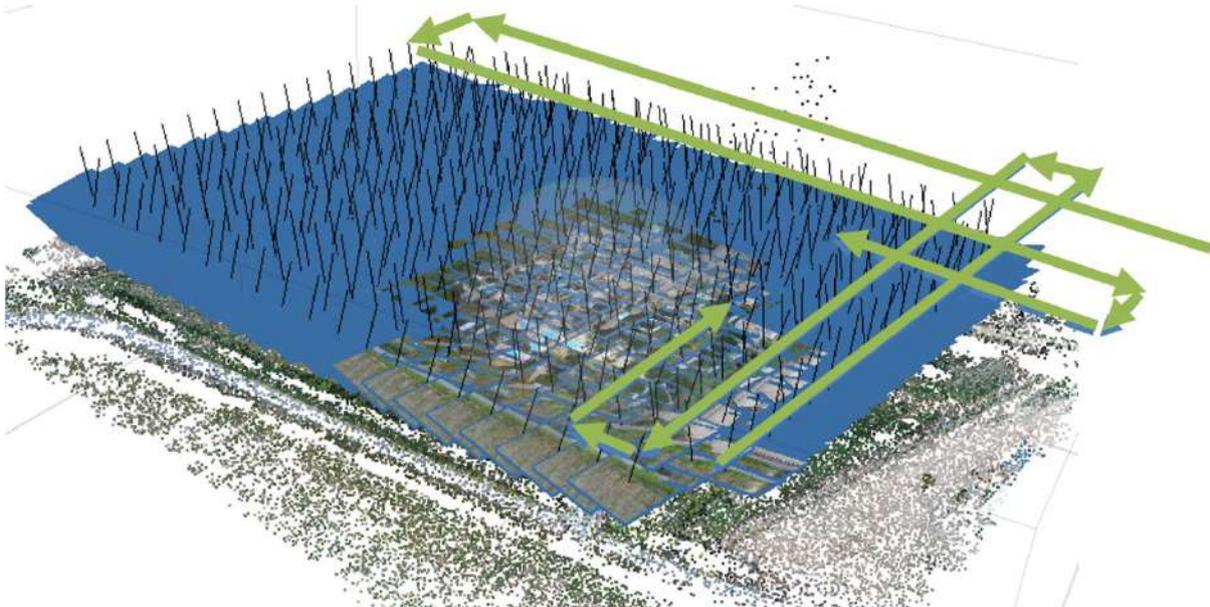


Abbildung 3-3 Rasterdrohnenflug und überlappende Fotos für 3D-Bodenphotogrammetrie

↑ Im obigen Beispiel sehen Sie die schwarzen Linien, die die Richtung und die Position der einzelnen Aufnahmen angeben. Das aufgenommene Bild wird in einem blauen Rahmen mit seiner Neigung angezeigt. Die Pfeile zeigen den Flug der Drohne an, hier einen Gitterflug. Anmerkung:

- die Überschneidung der Bilder
- die konstante Höhe
- die Regelmäßigkeit der Abstände
- den Winkel (ca. 10°) der Kamera zur Vertikalen



Abbildung 3-4 Fotosequenz mit guter Überlappung und Kameraneigung

Bei Gebäuden ist es interessant, weitere Fassadenansichten hinzuzufügen, z. B. einen Rundflug:



Abbildung 3-5 Rundflug einer Drohne für die 3D-Gebäudephotogrammetrie

← ein zusätzlicher Rundflug hilft, ein gutes Modell von Gebäuden oder unter Bäumen zu erhalten.

Hier ist nur eine Höhe dargestellt, aber es kann interessant sein, mehrere Höhen zu fliegen.

3.4 Positionierung von Geolokalisierungszielen

Für die Geolokalisierung des erhaltenen Modells und/oder die Anpassung seiner Abmessungen ist es unerlässlich, Ziele zu positionieren, die auf den Fotos deutlich zu erkennen sind. **Siehe Modul 6 Geolokalisierung.**

In der Regel werden die Geolokalisierungspunkte oder -markierungen durch quadratische oder kreisförmige Zielscheiben auf einer Holz- oder Metallunterlage definiert. Für Fotos oder Videos, die in einer Höhe von 20 m oder 30 m aufgenommen wurden, sind Zielscheiben von 20 cm oder 30 cm Größe (oder Durchmesser) in der Regel ausreichend.

Bei geringen Flughöhen können jedoch einfache Holzpfähle, die mit fluoreszierendem Spray markiert sind, ausreichen.

Die Geolokalisierungspunkte oder Marker sollten möglichst weit auseinander liegen und gut über das gesamte zu modellierende Gebiet verteilt sein (möglichst am Rand und im Zentrum). Wenn diese Marker nicht im Modell erscheinen sollen, muss der zu bearbeitende Bereich erweitert werden, um die Marker an den äußeren Rand des zu modellierenden Bereichs zu bringen.

- Mindestens 4 Zielpunkte (empfohlene Anzahl: mindestens 5 Marker, um die Qualität dieser Punkte zu kontrollieren und die unzuverlässigen Punkte zu eliminieren; die Metashape-Software empfiehlt 10).
- Starke Statik während der gesamten Aufnahmezeit
- GNSS-RTK-Vermessungen mit zentimetrischer Genauigkeit
- Verschiedene Nummern auf den Zielscheiben, um sie auf den Fotos schnell zu erkennen.



3.5 Maßvorgaben oder Maßnahmen an Gebäuden

Um ein nicht durch Bodenziele geortetes Modell zu kalibrieren (mit den richtigen Abmessungen zu versehen), ist es notwendig:

- Entweder positionieren Sie auf dem Gebäude zwei abgestufte Latten (z. B. Nivellierlatten), eine waagrecht, die andere senkrecht. Da diese Latten jedoch auf dem 3D-Modell erscheinen und die Ästhetik beeinträchtigen können, können sie am Rand positioniert und dann aus dem endgültigen Rahmen entfernt werden.
- Oder messen Sie mit einem Maßband den Abstand zwischen zwei gut identifizierten und präzisen Elementen, um dieses Maß später auf das Modell übertragen zu können (z. B. zwischen zwei Fenstern).

Siehe im Kapitel "Verarbeitung".

3.6 Fall eines durch einen Scan vervollständigten Modells

Wenn das photogrammetrische Modell durch ein Laserscanmodell ergänzt werden muss, ist es interessant, gemeinsame Ziele für beide Modelle zu haben, um eine gute Übereinstimmung zu gewährleisten.

In diesem Fall entsprechen die Ziele den Vorgaben des Scans: mindestens 3, auf unterschiedlichen Höhen an den Wänden.

Wenn die Drohne mit einem RTK-GNSS-Empfänger ausgestattet ist, erhöht sich die Genauigkeit der Punktwolke, und ihre native Geolokalisierung erleichtert die Registrierung mit einer geolokalisierten Lidar-Punktwolke.

3.7 Prinzip der Fassadenphotogrammetrie mit einer Drohne

Einige Grundsätze zur Aufnahme einer Photogrammetrie bei einer Fassade:

- Standplatz 10 bis 15 m vor einer Gebäudefassade, Höhe 3 m, Flugrichtung zur Fassade, horizontale Kameraachse rechtwinklig zur Fassade

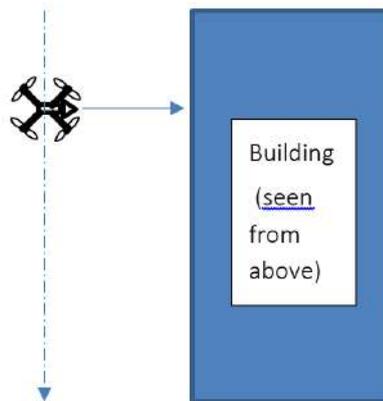


Abbildung 3-6 Bewegung zu einem Gebäude

- Flugbahn in horizontaler Verschiebung perfekt parallel zur Fassade. Fliegen Sie 20 bis 30 m.



Abbildung 3-7 Bilder eines Gebäudes für die Fassaden-photogrammetrie

- Am Ende der Fassade vertikal um 5 m nach oben gehen
- Wiederholen Sie eine Passage in der anderen Richtung, in 8 m Höhe
- ...usw.



Abbildung 3-8 Pfad für die Fassadenfotogrammmessung

Bilder:

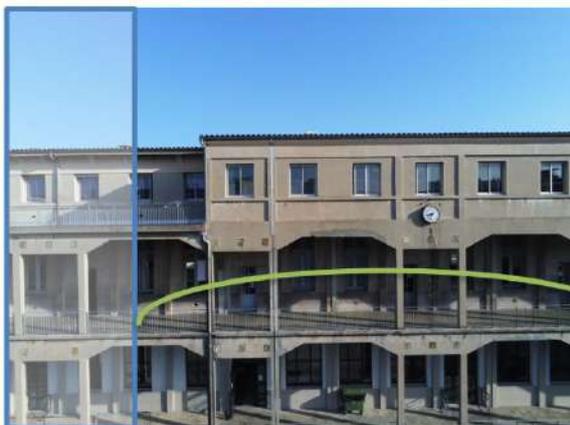
Manuell: Schauen Sie auf das Display und verwenden Sie das Raster, um festzustellen, wann Sie sich etwa 20% vom vorherigen Bild entfernt haben. Drücken Sie den Auslöser. Gehen Sie zum nächsten Bild, das 20% entfernt ist, und drücken Sie... Sie müssen eine Überlappung von 80% sicherstellen.



Move 20% horizontally for next picture

Abbildung 3-9 horizontale Überschneidung

Hier ist ein Tipp:



Merken Sie sich die Position des nächsten Bildes:
Hier die Mitte des Balkens



Auf dem nächsten Bild ist die Mitte des Balkens der
Rand des Fotos

Abbildung 3-10 horizontale Überlappungsspitze

Die gleiche Technik ist für die vertikale Überlappung erforderlich

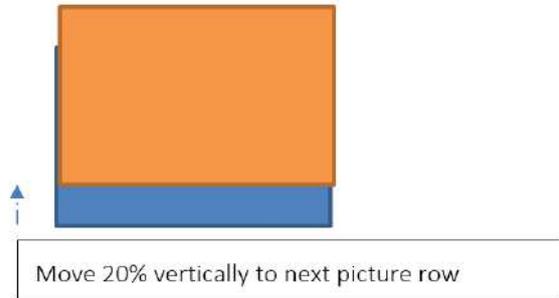


Abbildung 3-11 vertikale Überlappung

Hier ist ein Tipp, der durch eine vertikale Überlappung veranschaulicht wird:



Merken Sie sich die Position des nächsten Bildes:
Hier die Bepflanzung am Fuß der

Auf dem nächsten Bild ist die Bepflanzungsgrenze
der Rand des

Abbildung 3-12 vertikale Überlappungsspitze

Automatisch: Verwenden Sie den Zeitraffer oder den GPS-Raster wie oben beschrieben.

NB: Eine große Überlappung (z. B. 95 %) ist kein Problem.

3.8 Prinzip der Photogrammetrie des gesamten Gebäudes :

Von Fassade zu Fassade: Gehen Sie von Fassade zu Fassade vor, die Ecken müssen jedes Mal aufgenommen worden sein.



Abbildung 3-13 Pfad für Fassade und 3D-Gebäude

Es ist notwendig, die miteinander verbundenen Fassaden zu "sehen".

Eine vertikale Aufnahme der Winkel, 45° von der Fassade entfernt und den Winkeln zugewandt, ist sehr interessant.

Im Rundflug:

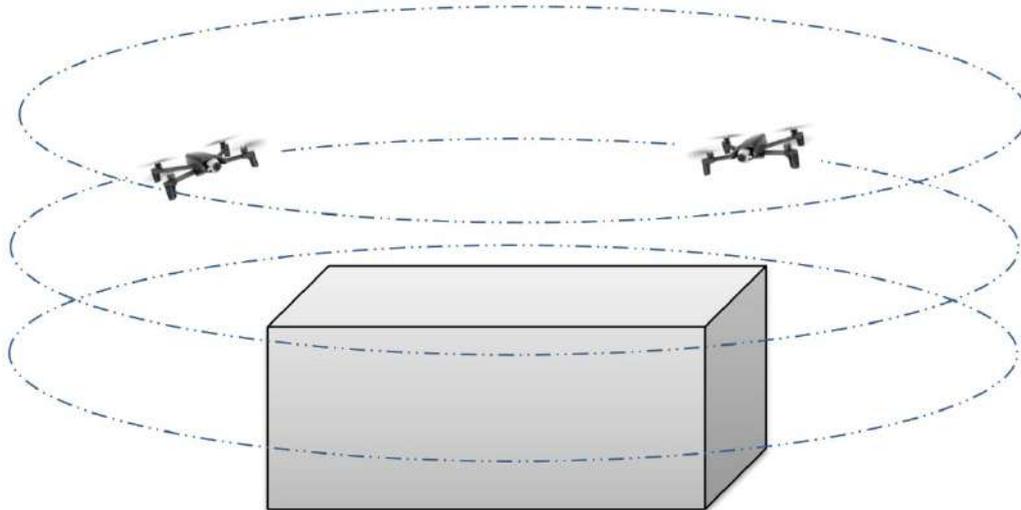


Abbildung 3-14 Rundflüge für 3D-Gebäude

- Bei der untersten Kreisbahn ist die Kamera waagrecht oder sogar nach oben geneigt, um unter die Balkone oder Gehwege im Freien zu sehen" (in diesem Fall muss die Helligkeit angepasst werden, um gute Details im Schatten zu erhalten)
- Wenn Sie nach oben fahren, neigen Sie die Kamera nach unten, um das Gebäude in der Mitte zu halten.
- Wenn das Gebäude von Bäumen umgeben ist, kann es notwendig sein, einen nahen Fassadenflug zu machen (siehe oben). Dieser Flug wird getrennt von den

übrigen Bildern verarbeitet und dann mit dem Rest des Modells zusammengeführt

- Eine Änderung des Kreisdurchmessers ist in der Regel nicht erforderlich und kann die Software in die Irre führen, wenn sie versucht, eine Nahaufnahme mit einem Foto aus größerer Entfernung abzugleichen.
- Auch ein Rundflug um einen Berggipfel oder um einen Hügel ist sinnvoll.

4. Programmierter flug

Die Drohne wird von einer Software gesteuert, die das zu vermessende Gebiet analysiert und einen idealen Kurs bestimmt, wobei die Anforderungen an die Abdeckung der Fotos berücksichtigt werden.

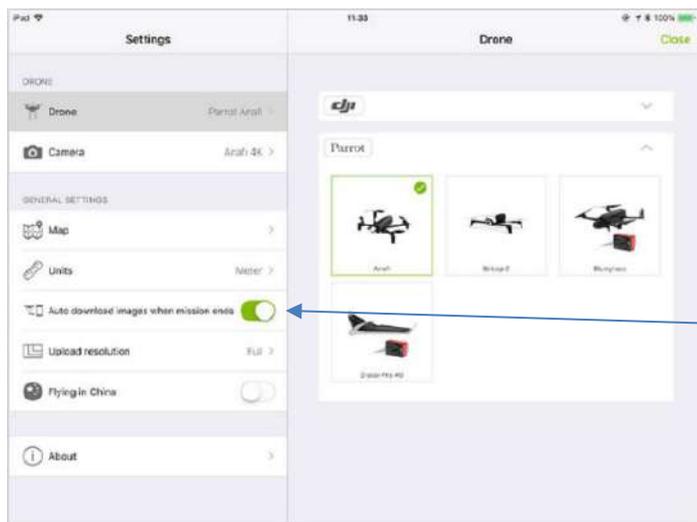
Dieser Flug ist nur für eine Fläche am Boden oder ein Gebäude im Kreisflug anwendbar

- Keine Photogrammetrie der Fassade
- Keine Photogrammetrie von komplexen oder hohen Gebäuden

4.1 Grundsätze der Programmierung

Illustriert mit der Software "PIX 4D Capture", die kostenlos und europäisch ist.

- Auswahl der Drohne und allgemeine Einstellungen



Wir empfehlen, die Bilder nicht automatisch von der Drohne herunterzuladen: Das entlädt den Akku, füllt den Speicher des Smartphones, das mit der Fernbedienung verwendet wird, und kostet Zeit. Verwenden Sie direkt die Karte der Drohne.

Abbildung 4-1 Pix4DCapture-Einstellungen

- Überlappung von Längs- und Queraufnahmen
- Geschwindigkeit der Drohne
- Kamerawinkel

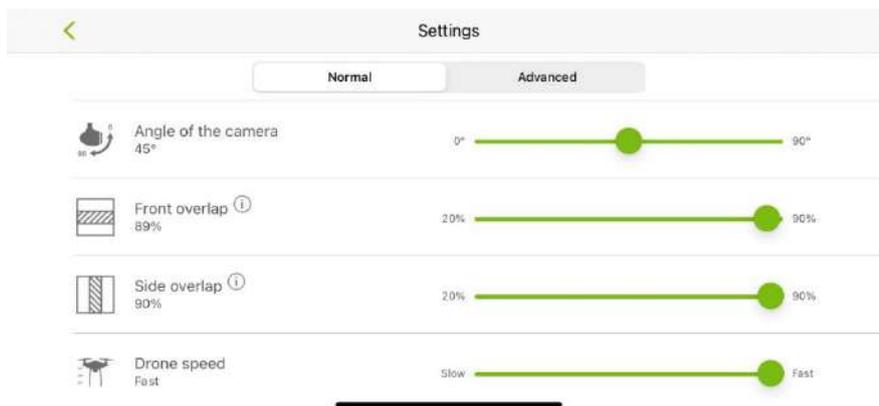


Abbildung 4-2 Pix4DCapture Überlappungseinstellungen

Ein erster Flug in einem vertikalen Winkel nach unten (90°) ist unerlässlich.

Ein weiterer Flug in einem anderen Winkel, z. B. 60°, kann hinzugefügt werden, um vertikale Details oder unter hohen Bäumen zu erfassen (man muss unter das Laub sehen können, der Stamm muss frei sein).

Eine Überlappung von 80 % in beide Richtungen ist normalerweise ausreichend.

Eine schnelle Geschwindigkeit kann bei schwachem Licht (starke Bewölkung) durch den Spinning-Effekt zu einem Mangel an Details führen, da die Blende sehr lang (Belichtungszeit) und die Blende sehr offen ist (mangelnde Schärfentiefe, daher leichte Unschärfe möglich).

Je niedriger die Kamera fliegt, desto langsamer muss ihre Geschwindigkeit sein, um Unschärfe zu vermeiden.

Nächster Bildschirm: **Art des Fluges**

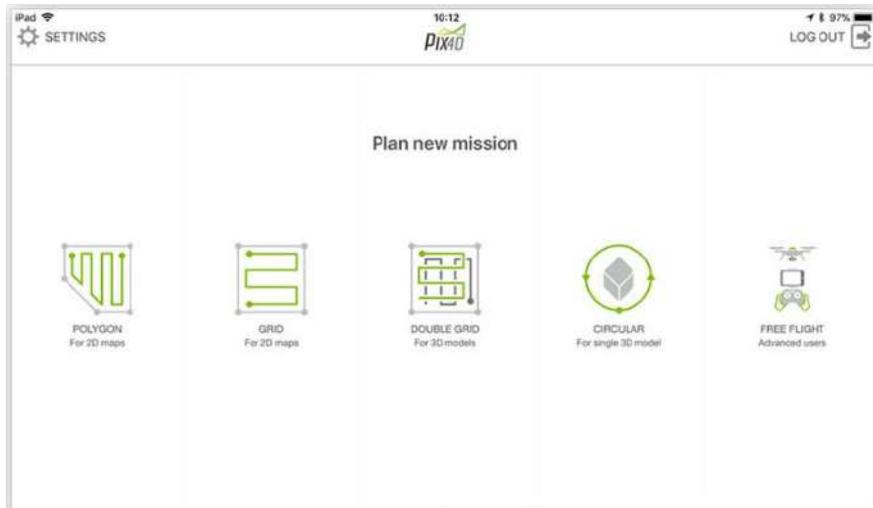


Abbildung 4-3 Pix4DCapture Flugbahnauswahl

Rasterflug: Das Programm wählt den Pfad in Abhängigkeit von den Kameraeinstellungen und der Höhe, um eine gute Überlappung zu gewährleisten. Es stellt auch die Geschwindigkeit ein, um eine gute Bildqualität zu gewährleisten.

Für ein gutes 3D-Modell benötigen Sie ein Doppelgitter mit einer 80°-Kamera nach unten. Wählen Sie "Polygon", wenn das zu vermessende Gebiet nicht rechteckig ist, oder um zu vermeiden, dass Sie ohne Genehmigung über öffentliches Gelände oder Grundstücke fliegen.

Kreisflug: empfohlen für ein Gebäude, eventuell sogar mehrere Kreise in unterschiedlichen Höhen und Kameraneigungen.

Nächster Bildschirm: **Position und Form der Flugmission**

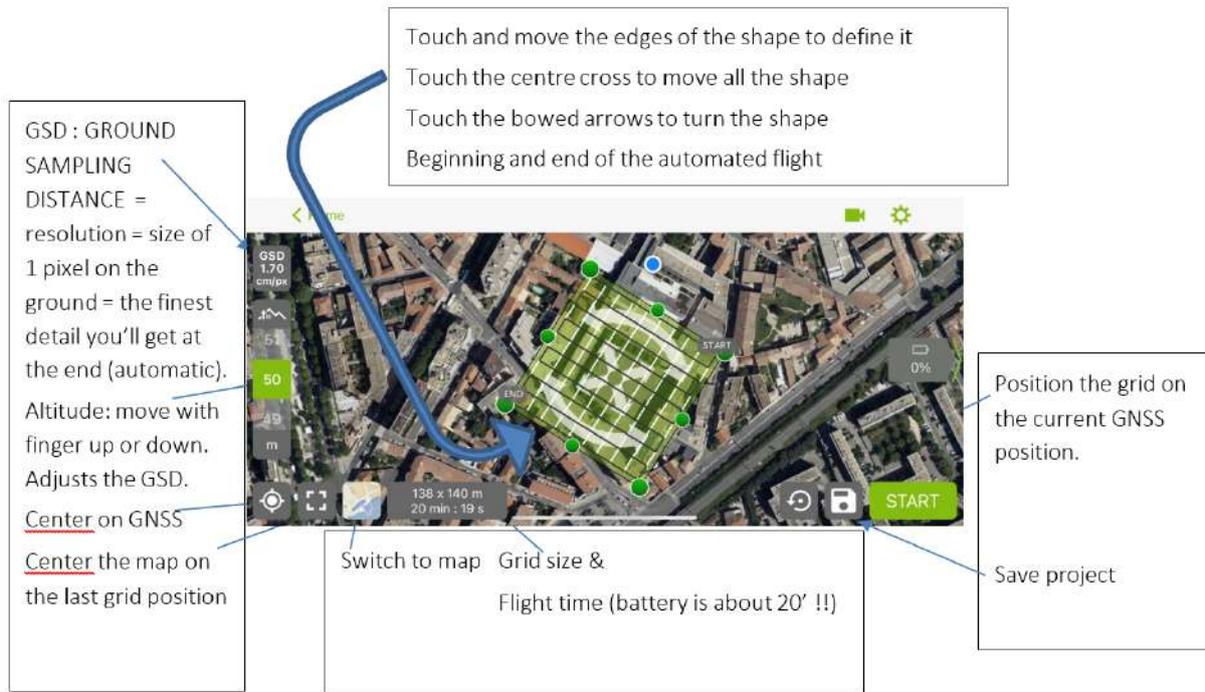


Abbildung 4-4 Pix4DCapture Flugweg-Einstellung auf der Karte

Wählen Sie immer einen Bereich, der größer ist als der zu kartierende Teil, um Überschneidungen an den Rändern zu vermeiden. **ACHTUNG:** Wenn Sie ein ganzes Grundstück kartieren müssen, bedeutet dies, dass Sie eine Überfluggenehmigung für die benachbarten Grundstücke und oft auch für den öffentlichen Bereich benötigen... Flug in bestimmter Kategorie!

Höhe: Seien Sie vorsichtig mit der Einstellung, die Drohne könnte auf ein Hindernis treffen, das höher ist als ihre Höhe, **ein manueller Testflug mit Lokalisierung des höchsten Punktes kann notwendig sein.** Eine zu große Höhe führt zu einer schlechteren Auflösung am Boden (GSD). Fliegen Sie zwischen 20 und 30 m. Das Programm überfliegt keine Hindernisse: die Höhe bleibt **konstant. Die Höhe wird nur vom Startpunkt aus gemessen!**

Flugzeit: Überprüfen Sie die Flugzeit, damit der automatische Flug nicht unterbrochen wird, wenn der Akku leer ist. Die Software setzt normalerweise dort fort, wo sie unterbrochen wurde. Sie können 2 Flüge in einem einzigen Gitter programmieren, um die Batterie zu wechseln, wobei der zweite Flug um 90° gegenüber dem ersten gedreht wird, so dass am Ende ein doppeltes Gitter entsteht...

Die **GSD:** Ground Sampling Distance (Bodenabtastabstand). Die Größe von 1 Pixel des auf den Boden projizierten Fotos. Sie hängt von der Höhe, der Brennweite, der Auflösung und der Größe des Kamerasensors ab... Sie können nur die Höhe einstellen, aber denken Sie daran, dass sich der GSD bei einem Relief entsprechend der Höhe der Drohne über dem Boden oder der Konstruktion ändert. Die GSD ist das kleinste Detail, das Sie auf Ihrem endgültigen Modell sehen werden (wenn die Verarbeitung die Präzision beibehält...)

Nächster Bildschirm: **Checkliste und Start**



... Anweisungen befolgen...

Nächster Bildschirm: **Drohnenflug**



Abbildung 4-5 Pix4DCapture Missionsanzeige während die Drohne fliegt

Nächster Bildschirm: **Bilder herunterladen**

Prüfen Sie die Qualität der Bilder, indem Sie einige davon auswählen. Wenn die Bilder unscharf sind oder nicht genügend Details aufweisen, ändern Sie die Parameter und starten Sie die Mission erneut.

Es wird empfohlen, die Bilder nicht von der Drohne herunterzuladen: Das belastet den Akku und füllt den Speicher des Smartphones, das mit der Fernbedienung verwendet wird. Wählen Sie dies auf dem ersten Bildschirm aus.

Es ist möglich, die Bilder zu sichern, indem man sie in die Cloud hochlädt.

5. Verarbeitung

5.1 Beispiel Software : Agisoft Metashape

Es gibt viele Photogrammetrie-Software (pix4DMapper, Meshroom, Recap pro, 3DF Zephyr...), wir werden das Beispiel dieser ziemlich weit verbreiteten Software nehmen, ohne zu behaupten, dass sie besser ist als die anderen. Die allgemeine Funktionsweise aller Programme ist sehr ähnlich. Hier sind alle Schritte, die in anderen Programmen manchmal versteckt sind, deutlich sichtbar und progressiv.

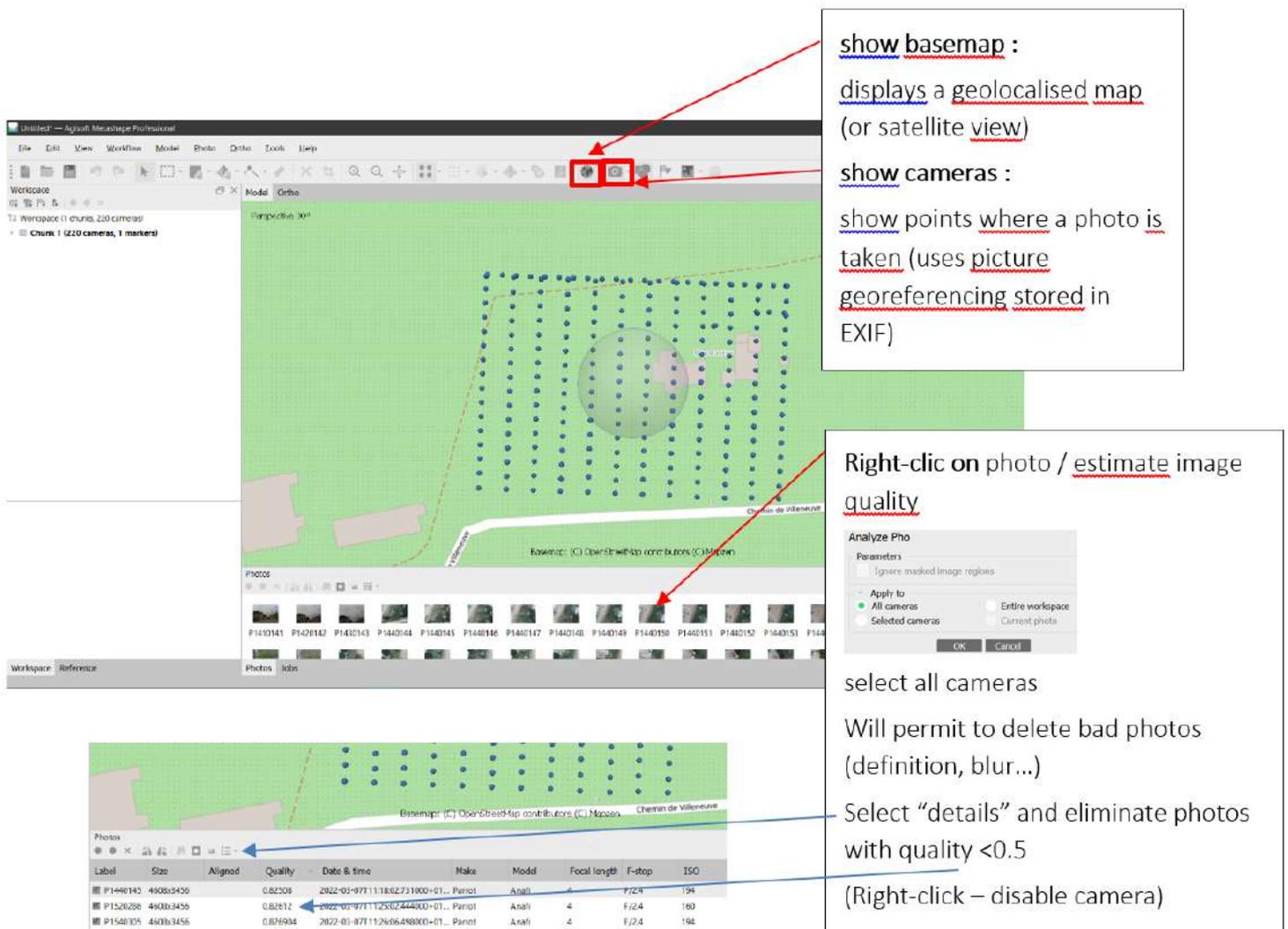
5.2 Bilder laden

Menü **Arbeitsablauf**: Fotos hinzufügen (wählen Sie die Fotos einzeln oder in einer Liste aus)

oder **Ordner hinzufügen...** (bessere Option, um alle von der Drohne aufgenommenen und in einem Ordner vorselektierten Fotos hinzuzufügen) (wählen Sie "Einzelkamera")

Hinweis: Es ist möglich, ein Video zu sampeln (mit spezieller Software), um Fotos zu extrahieren.

Ein "Shunk" ist eine Gruppe von Fotos, die zusammen verarbeitet werden.



show basemap :
displays a geolocalised map (or satellite view)

show cameras :
show points where a photo is taken (uses picture georeferencing stored in EXIF)

Right-click on photo / estimate image quality

Analyze Photo

Parameters

Ignore masked image regions

Apply to

All cameras Entire workspace

Selected cameras Current photo

OK Cancel

select all cameras

Will permit to delete bad photos (definition, blur...)

Select "details" and eliminate photos with quality <0.5

(Right-click – disable camera)

Label	Size	Aligned	Quality	Date & time	Make	Model	Focal length	F-stop	ISO
P1448145	4908x3456		0.82508	2022-01-07T11:18:02.731000+01...	Panori	Anali	4	F/2.8	194
P1526286	4908x3456		0.82612	2022-01-07T11:25:02.744000+01...	Panori	Anali	4	F/2.8	180
P15481305	4908x3456		0.826934	2022-01-07T11:26:06.498000+01...	Panori	Anali	4	F/2.8	194
D1478102	4508x3160		0.832067	2022-01-07T11:28:27.818000+01...	Dronet	Leaft	4	F/2.8	131

Abbildung 5-1 Mit Metashape geladene Bilder

5.3 Fotos ausrichten

In diesem Stadium sucht die Software nach gemeinsamen Punkten zwischen den Fotos, findet die relativen Positionen und die Ausrichtung der Fotos, um ein spärliches Punktwolkenmodell zu erstellen.

Menü **Arbeitsablauf: Fotos ausrichten...**

Hohe Qualität ist gut für den Rest des Prozesses, braucht aber **viel Zeit**

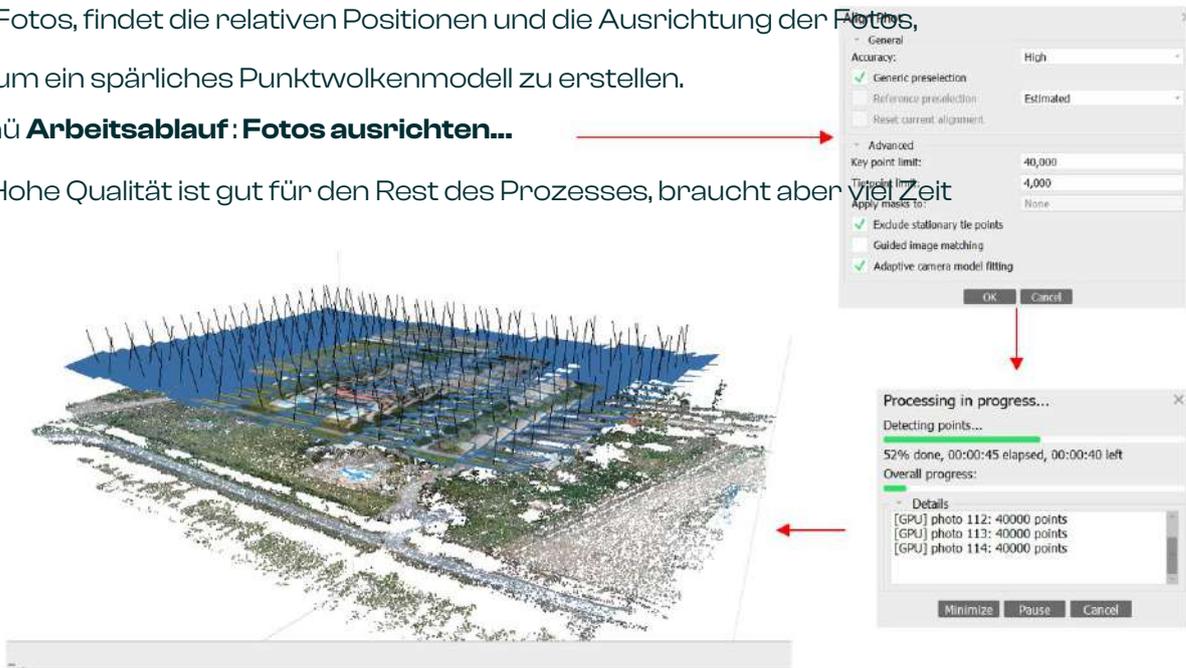


Abbildung 5-2 Mit Metashape ausgerichtete Fotos mit Höhen und Sichtlinien

Dieser erste Schritt ist entscheidend für den Beginn des Prozesses, er ist das Herzstück der Photogrammetrie.

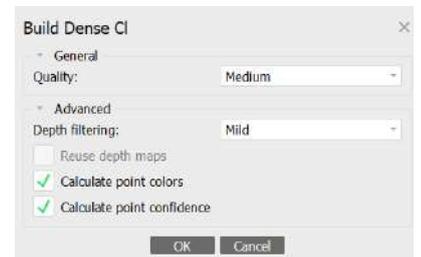
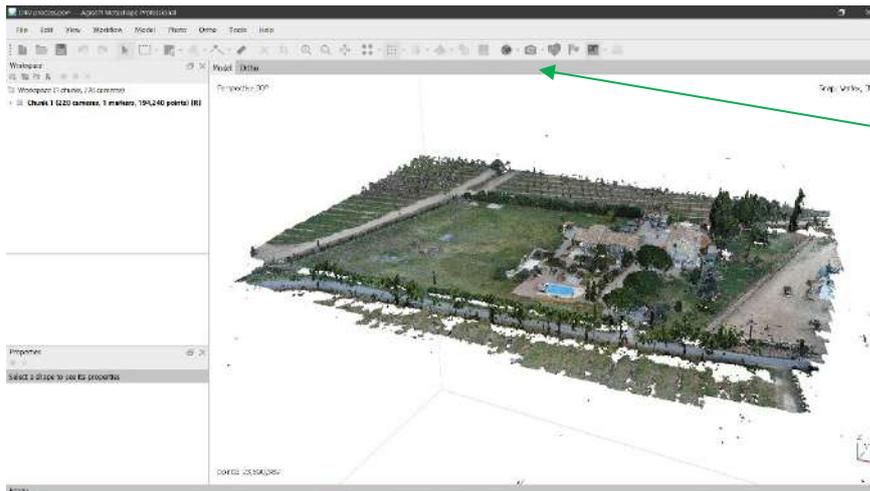
Die Fotoausrichtung verwendet verschiedene Informationen, um fortzufahren:

- Fotonummerierung: Normalerweise steht ein Foto mit der Nummer "x" neben der Nummer "x-1", so dass sie sich überschneiden sollten.
- Geolokalisierung: Die Drohne zeichnet für jedes Foto eine geografische Position auf (Breitengrad, Länge, Höhe), auch wenn diese nicht sehr genau ist, so ist sie doch hilfreich, da die relative Genauigkeit von einem Foto zum nächsten gut ist. Mit einer RTK-Drohne ist sie viel besser (zentimetergenau).
- Punktabgleich: Dies ist das Herzstück des Prozesses, die Software erkennt Formen, Farben, Konturen, die übereinstimmen (mindestens 4 Übereinstimmungen) und berechnet die relative Position der Kamera für zwei Fotos, dann für 3 usw.

5.4 Erstellen einer Punktwolke

Ausgehend von den Positionen der Fotos berechnet das Programm die Tiefe der Punkte jedes Fotos, um sie zu einer einzigen dichten Punktwolke zu kombinieren.

Menü **Arbeitsablauf**: **dichte Wolke aufbauen...**



So schalten Sie die
Bilder ein/aus

dichte Punktwolke

Abbildung 5-3 Metashape

Unten: Auf dieser Anzeige sind einige Stellen weiß: hier ist kein Punkt vorhanden, es ist ein "Loch" in der Punktwolke.

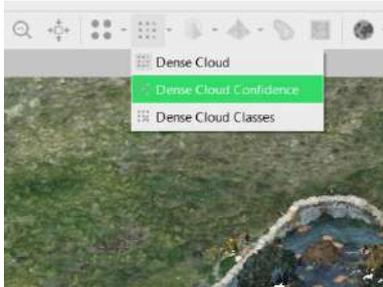
- Unter Dachüberstand
- Unter Bäumen
- In einem dunklen Schatten
- Auf einer (vor Kameras) versteckten Seite

Jeder Punkt ist entsprechend seiner ursprünglichen Position auf dem Foto eingefärbt.



Abbildung 5-4 Metashape-Punktwolke mit weißen Lücken, in denen kein Punkt erstellt wurde

Durch Auswahl von "Vertrauen in dichte Wolken" überprüfen Sie die Qualität



Die Skala befindet sich unten rechts: **blau** 100% Vertrauen, **grün**, mittleres und **rotes**, schlechtes Vertrauen!

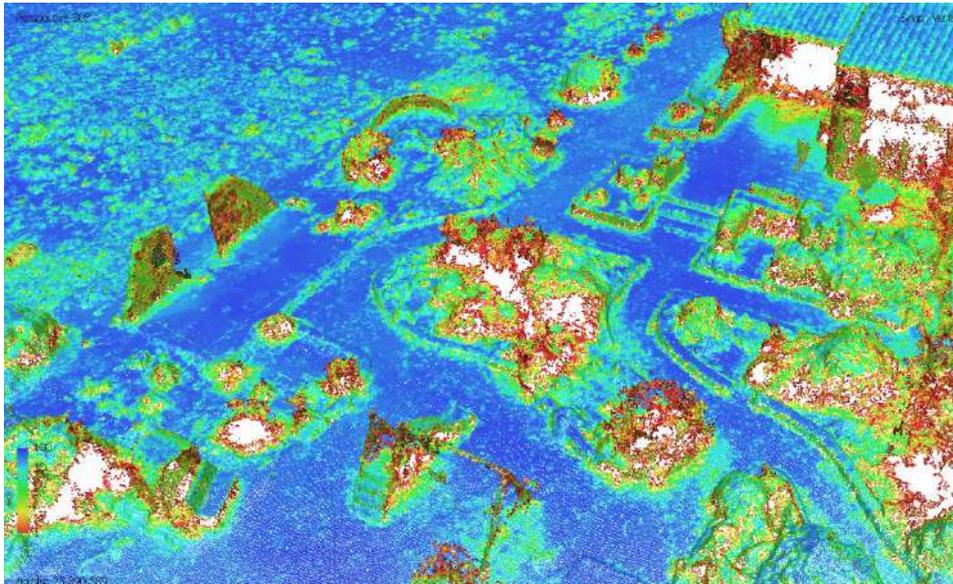


Abbildung 5-5 Vertrauen in die Metashape-Punktwolke

Diese Punktwolke ist nicht sehr gut für Bäume und Fassaden, aber OK für den Boden, Terrasse, kleine Wände und Dächer.

Genug, um den Plan zu zeichnen, Abmessungen zu erhalten, Bodenrelief, ein Projekt vorzubereiten.

Überprüfung der Kameraüberlappung: Um sicherzustellen, dass die Punkte durch eine ausreichende Anzahl von Überlappungen im zu vermessenden Bereich definiert werden, klicken Sie im Menü "Werkzeuge // Vermessungsstatistik" auf

In der blauen Farbe sind die Punkte in mehr als 9 Fotos vorhanden, was es der Software erleichtert, das 3D-Modell zu erstellen.

Wenn der Bereich des zu modellierenden Grundstücks oder Objekts vollständig von der blauen Farbe bedeckt ist, ist es in Ordnung, es sind immer noch bis zu 5 Fotos möglich. Wenn nicht, sollten einige Bilder hinzugefügt werden.

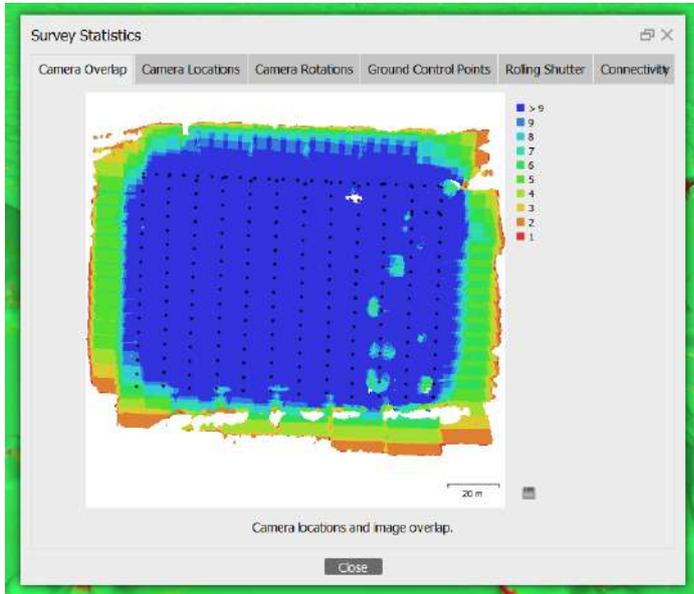


Abbildung 5-6 Metashape-Überlappungskarte

5.5 Skalierung und Georeferenzierung einer Punktwolke

Es ist sehr wichtig, die Punktwolke zu skalieren: kein Plan, keine Messung, kein Einfügen in ein anderes Projekt ist ohne dies möglich.

2 Methoden:

- Nach Koordinaten: Einige Punkte wurden mit einem GNSS oder einer verknüpften Totalstation vermessen, mindestens 4, besser aber mehr, und wir finden sie auf den Fotos, setzen eine Markierung auf sie und gleichen die Punktwolke mit den vermessenen Koordinaten dieser Markierung ab. Der Vorteil ist, dass die Punktwolke in der gleichen Zeit genau lokalisiert wird.
- Durch gemessene Entfernungen: Auf der Baustelle wird die Entfernung zwischen markierten oder bemerkenswerten Punkten gemessen und im Modell angegeben. Diese Lösung lokalisiert die Punktwolke nicht genau, die Genauigkeit ist immer noch die der Fotos, also die des GNSS der Drohne.

Kontrolle des Koordinatensystems der Fotos

Die Fotos wurden von der Drohne georeferenziert, aber ohne RTK ist die Genauigkeit metrisch: nicht gut für die Skalierung und Verknüpfung mit einem gesetzlichen Koordinatensystem.

NB: Beispiel mit dem französischen Rechtssystem : RGF93.

Zeigen Sie das Fenster "Referenz" mit Ansicht // Referenz an und ziehen Sie dann die Registerkarte "Referenz" im Arbeitsbereich nach unten.

-Geben Sie an, in welchem Koordinatensystem die Fotos referenziert sind

In der Regel handelt es sich um das internationale WGS84-System, das vom GNSS der Drohne verwendet wird.

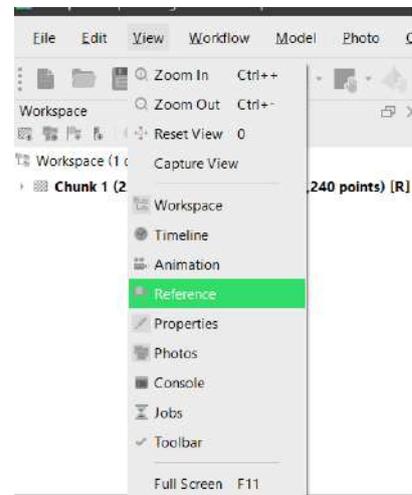


Abbildung 5-7 Metashape-Referenzen zur Anzeige der Auswahl

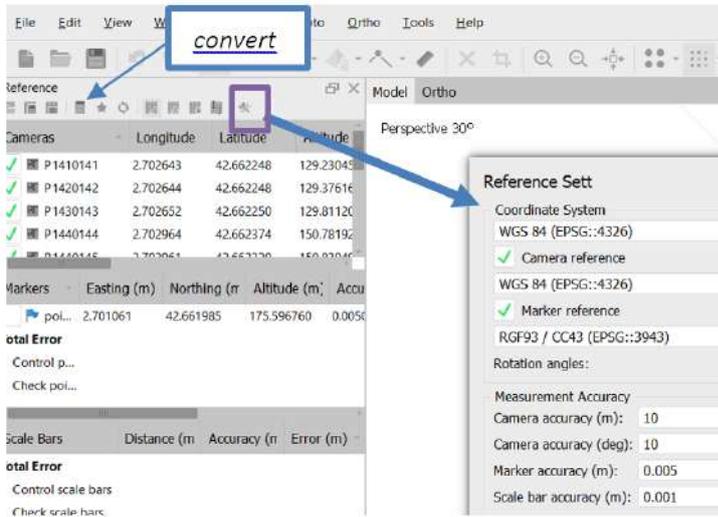
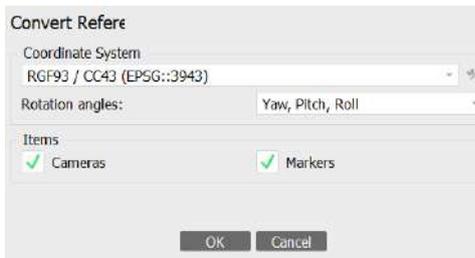


Abbildung 5-8 Einstellung und Konvertierung des Metashape-Koordinatensystems

(EPSG = European Petroleum Survey Group, kodiert alle Euro-Systeme, siehe Modul Geolokalisierung)

- Wenn die Fotos nicht im gleichen Koordinatensystem wie die Referenzen sind, müssen Sie die Fotos mit dem Befehl **Konvertieren** in das System der Referenzen umwandeln. Hier ist es der Fall: die Kontrolle zeigt, dass die Koordinaten WGS84 sind, aber unsere Referenzen sind in RGF93
- Wählen Sie das Ankunftssystem: das System, in dem Sie Ihre Punktwolke geolokalisieren möchten, das System, in dem die Koordinaten Ihrer Referenz liegen.



Ergebnis

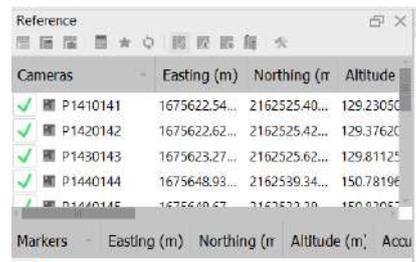


Abbildung 5-9 Brennpunkt der Kamera im neuen Koordinatensystem

- Importieren Sie die Referenzen aus einer CSV-Datei: Name, Ost-West, Nord-West, Höhe,

	A	B	C	D	
1		1	1675604.889	2162482.927	122.820
2		2	1675530.730	2162457.044	123.990
3		3	1675604.861	2162472.851	122.800
4		4	1675623.422	2162525.086	122.570
5		5	1675629.056	2162494.879	122.610
6					

Abbildung 5-10 Excel-CSV-Datei mit den Namen der Referenzen (A) und den Koordinaten (B, C, D)

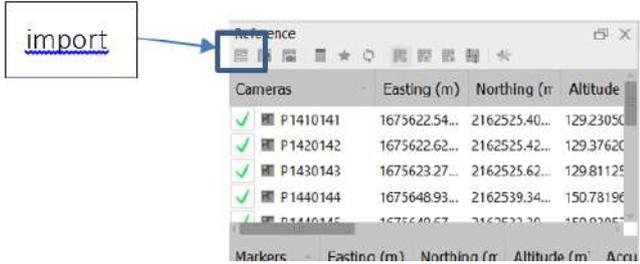


Abbildung 5-11 Symbol für die Einfuhr

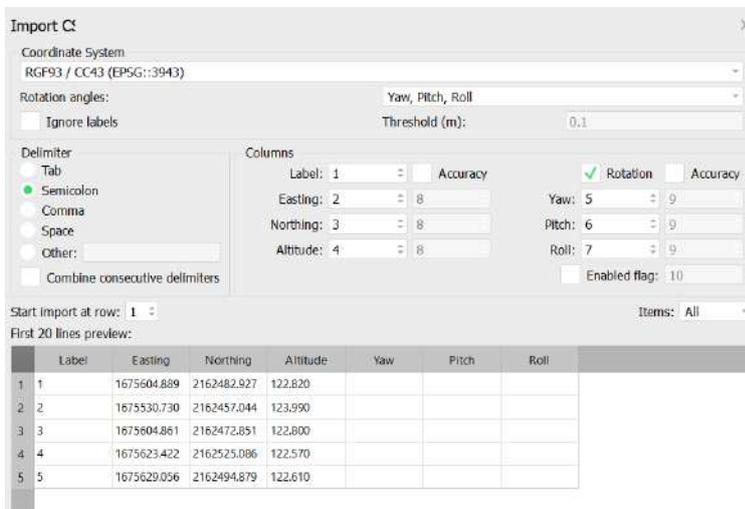


Abbildung 5-12 für den Import geladene Referenzliste

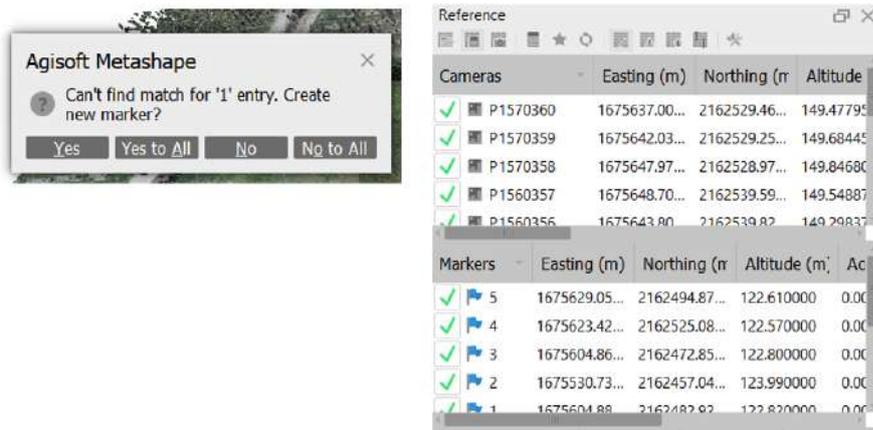


Abbildung 5-13 nach dem Import von Referenzen erstellte Markierungen

Tippen Sie auf "Ja zu allen" und die Software erstellt Markierungen mit den Namen der Referenzen.

Die Punkte erscheinen in der dichten Wolke:

Bei diesem Beispiel ist die Arbeit nicht sehr professionell: die Referenzen sind Winkel oder natürliche Punkte, nicht Ziele wie oben beschrieben... im Moment sind sie nicht genau an der richtigen Stelle.



Abbildung 5-14 Auf der Punktwolke erstellte Markierungen

Die Fotos, die eine Markierung enthalten, sind mit einer Flagge gekennzeichnet:

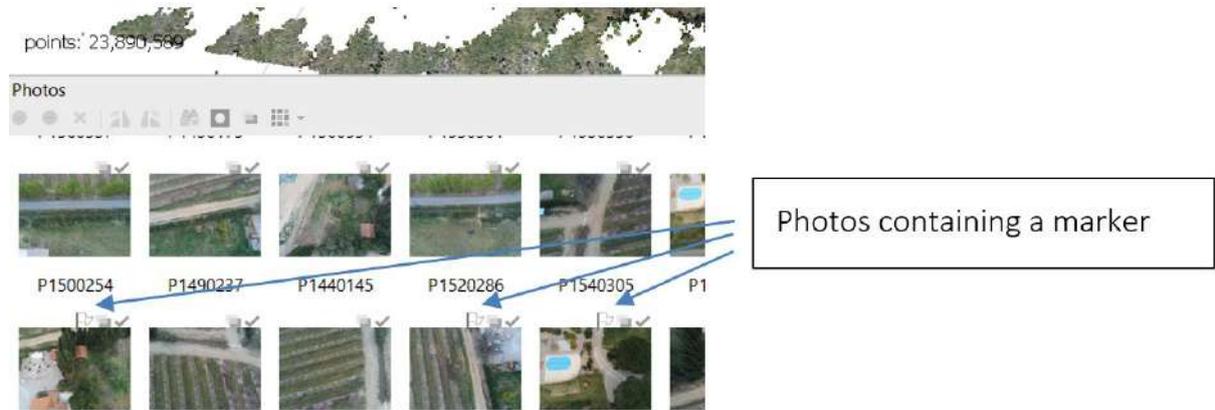


Abbildung 5-15 Fotos mit Markern, die mit einer Flagge gekennzeichnet sind

Hinweis: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Nummer einer Markierung (auf der Registerkarte "Referenz" oder auf der Markierung selbst), um nur die Fotos anzuzeigen, auf denen diese Markierung vorhanden ist.

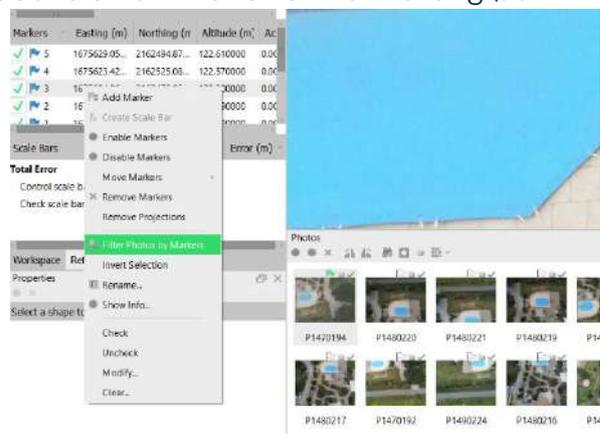


Abbildung 5-16 Automatische Auswahl von Fotos mit einer bestimmten Markierung

Um wieder alle Fotos anzuzeigen, klicken Sie auf das Fernglas (Filter zurücksetzen).

Doppelklicken Sie auf ein Foto und positionieren Sie jede Markierung an ihrer genauen Position direkt auf dem Foto.

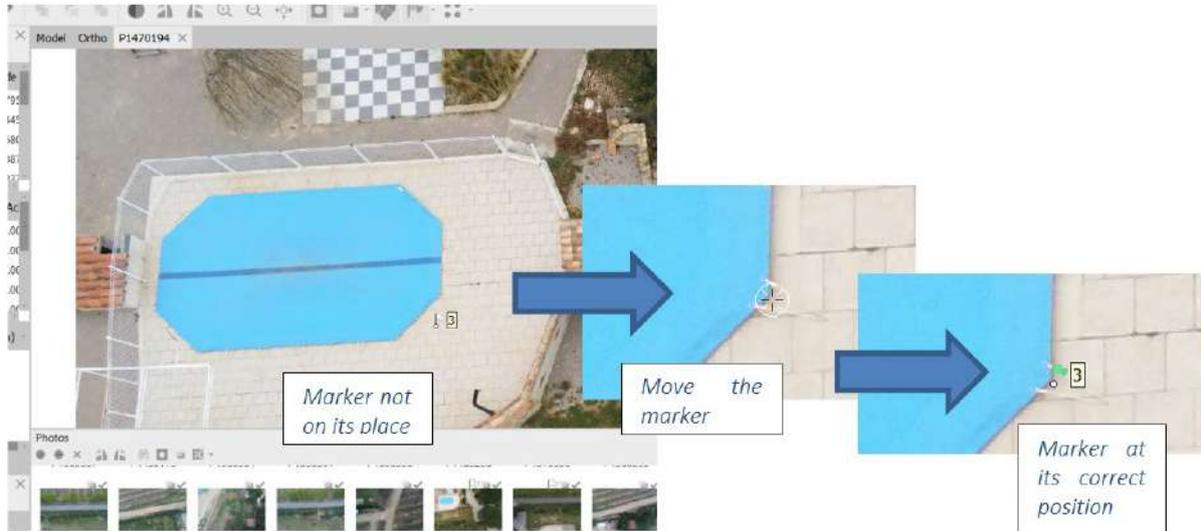


Abbildung 5-17 Positionierung der Markierungen

Wählen Sie auf einem ersten Foto eine Markierung aus (indem Sie darauf klicken) und platzieren Sie sie auf der identifizierten Referenz (Kreuz, Farbmarkierung, ...).
Überprüfen Sie dann auf 2 oder 3 Fotos, die denselben Marker enthalten, die gute Positionierung des Markers.



Hinweis: Es ist viel besser, wenn Sie nicht vergessen, die Zielscheiben () auf den Boden zu legen!

- Die Skalierungspunkte, die für die Skalierungsberechnung der Punktwolke verwendet werden sollen, sollten angekreuzt werden, und die (in der Regel weniger zuverlässigen) Punkte, die nur als Kontrollpunkte verwendet werden sollen, sollten nicht angekreuzt werden.
- Nachdem die Punkte neu positioniert und die Skalierungspunkte überprüft wurden, muss die Berechnung gestartet werden, mit der die Punktwolke an die Referenzpunkte angepasst wird.

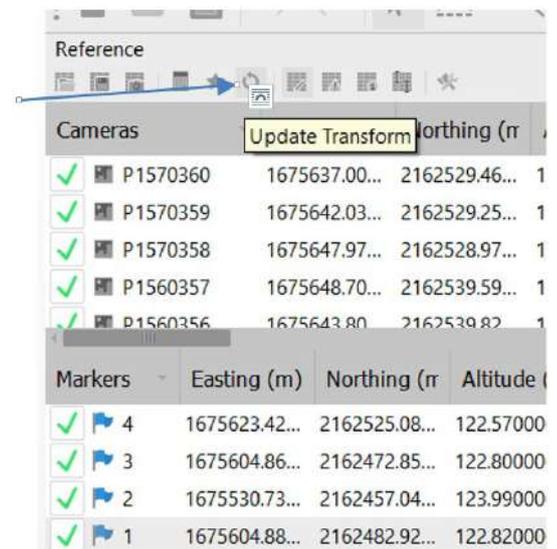
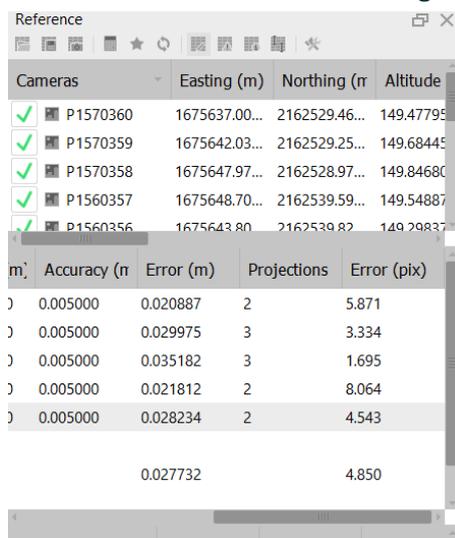


Abbildung 5-18 Berechnung der Starttransformation

Die **Qualitätskontrolle** der Transformation und der verwendeten Punkte sollte überwacht werden, damit die verwendeten Punkte gegebenenfalls angepasst werden können.

Wenn die Fehler für die verwendeten Referenzpunkte konsistent zu sein scheinen, kann mit dem nächsten Schritt fortgefahren werden.



m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
)	0.005000	0.020887	2	5.871
)	0.005000	0.029975	3	3.334
)	0.005000	0.035182	3	1.695
)	0.005000	0.021812	2	8.064
)	0.005000	0.028234	2	4.543
		0.027732		4.850

Verschieben Sie die Referenzkoordinaten, um die Ergebnisse der Transformation zu visualisieren: hier nur 2,78 cm durchschnittlicher Fehler - akzeptabel.

Abbildung 5-19 relative Positionierungsfehler der Marker nach der Transformation



Abbildung 5-20 Punktwolke genau skaliert und geolokalisiert

5.6 Skalierung der Punktwolke durch Dimensionsmarker

Dadurch wird die Punktwolke skaliert, aber nicht geolokalisiert.

Hauptsächlich für Gebäude (oder Objekte) verwendet.

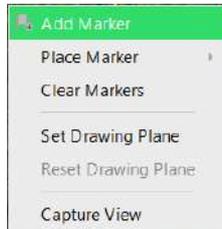
Für diese Arbeit werden eine oder mehrere Maßangaben benötigt: Messen Sie einige Elemente am Gebäude.



Abbildung 5-21 Abmessungen an einer Tür gemessen

Methode: Metashape Skalenbalken

Doppelklicken Sie auf ein Foto unten auf dem Bildschirm, um es in der Mitte anzuzeigen, klicken Sie mit der rechten Maustaste: Wählen: Markierung hinzufügen



- Positionieren Sie auf den betreffenden Fotos die Markierungen (Punkt 1, Punkt 2 ...), die den bekannten Entfernungen entsprechen, und positionieren Sie sie gegebenenfalls auf anderen Fotos neu, bis diese korrekt positioniert sind.

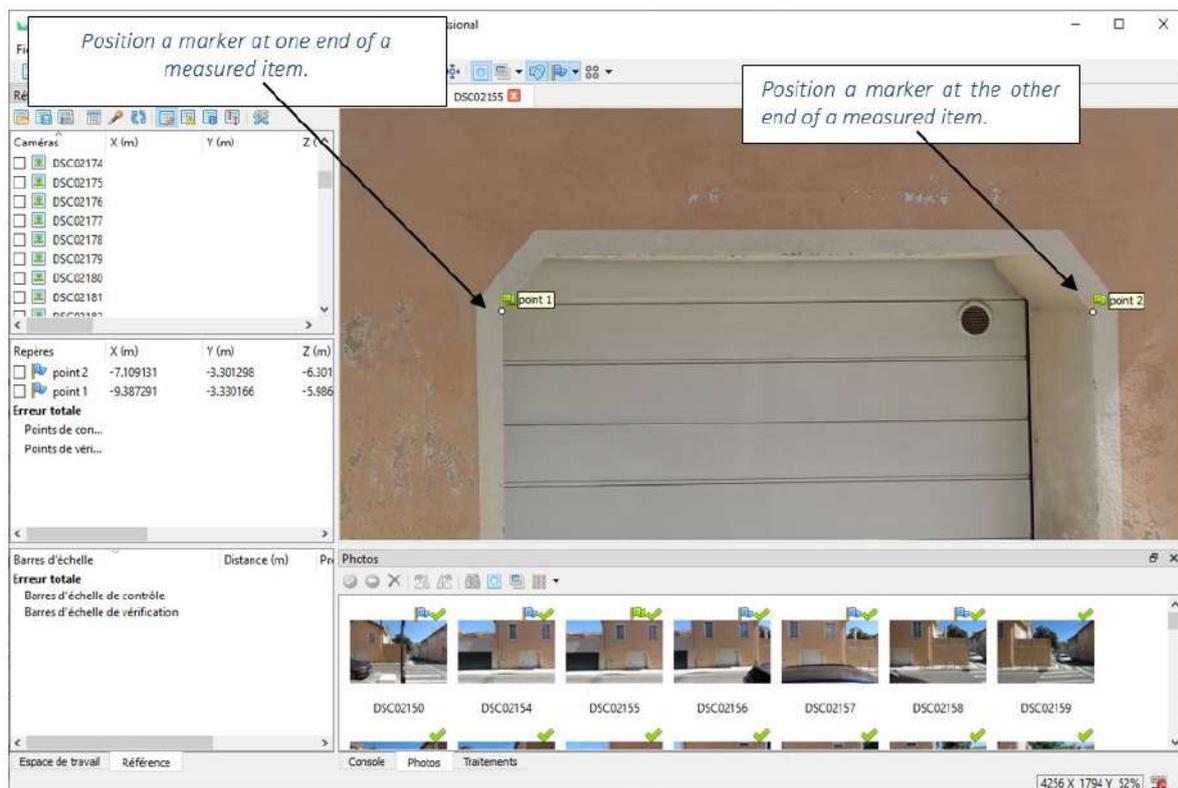


Abbildung 5-22 Markierungen auf einem Foto

- Wählen Sie mit der Strg-Taste die Registerkarte "Referenz" und markieren Sie die 2 Markierungen mit einem bekannten Abstand zueinander.

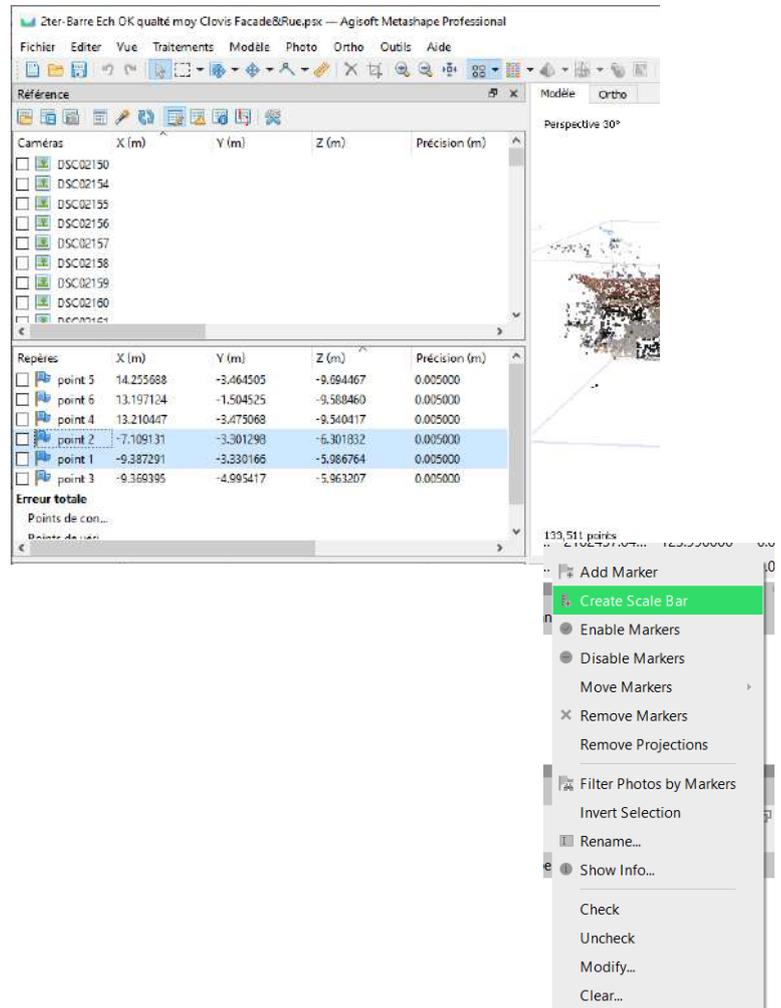
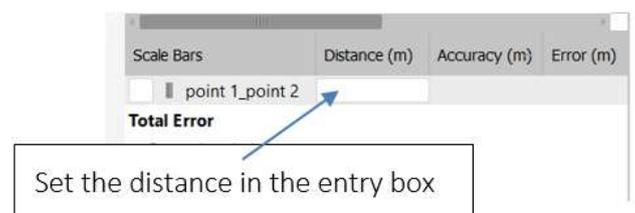


Abbildung 5-23 ausgewählte Skalierungspunkte

Abbildung 5-24 Kontextmenü zum Erstellen eines Maßstabsbalkens

- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf einen ausgewählten Punkt, öffnen Sie das Kontextmenü und wählen Sie:
- einen Maßstabsbalken erstellen.
- Doppelklicken Sie in das Abstandsfeld hinter dem neu erstellten Maßstabsbalken und geben Sie seine bekannte Länge in Metern ein.



Dies gilt für alle auf der Baustelle gemessenen Längen.

Abbildung 5-25 Abstandseinstellung

- **Aktualisieren Sie die Transformation, um den erstellten Maßstabsbalken zu berücksichtigen.**

Anmerkung: Was die Bezugspunkte betrifft, werden die geprüften Skalenbalken berücksichtigt für die Berechnungen der Transformation zu berücksichtigen, während die ungeprüften verwendet werden nur als Kontrolle.

- Überprüfen Sie die Qualität der Transformation durch Überprüfung der Werte der sich ergebenden Fehler der Umwandlung.

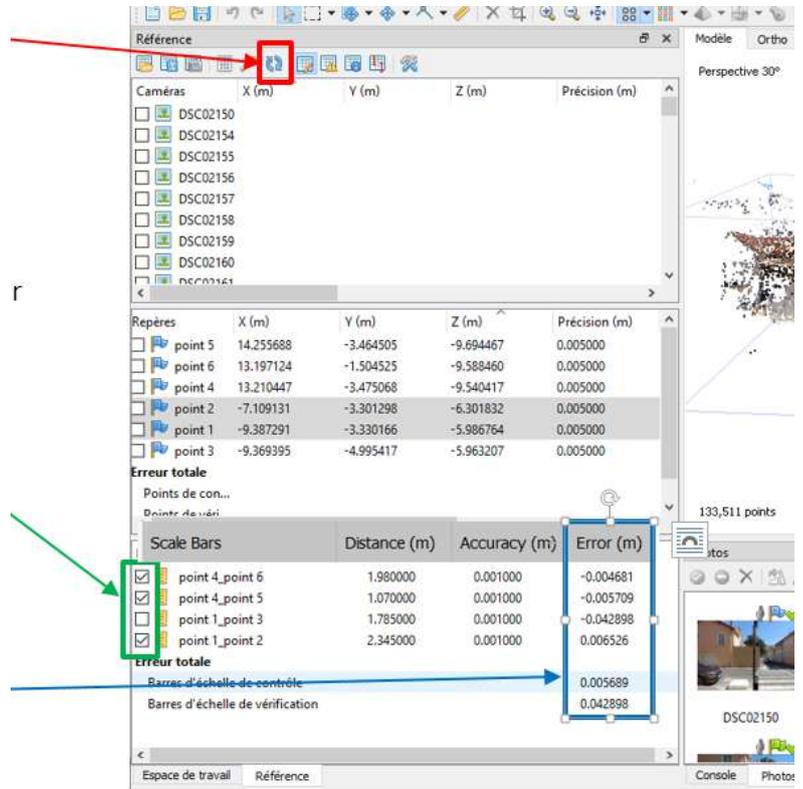


Abbildung 5-26 Genauigkeitsprüfung nach Transformation der Punktwolke

- Prüfen Sie die Skalierung

Sobald die Skalierung erfolgt ist, ist es möglich, die Abstände zwischen verschiedenen Punkten mit dem Befehl Lineal zu messen (Leertaste zum Löschen).

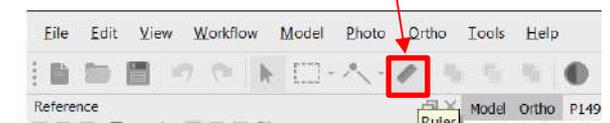


Abbildung 5-27 manuelle Maßkontrolle nach Transformation der Punktwolke

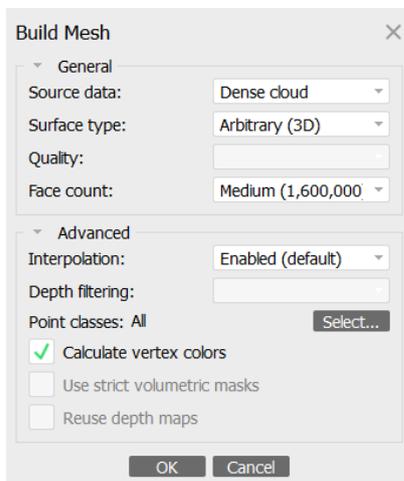
6. Ein einfaches netz oder ein netz mit texturen zu erhalten

6.1 Ausarbeitung eines 3D-Netzes

Dieser Schritt ermöglicht es, aus der dichten Wolke polygonale Flächen zu erzeugen.

Es ist dann möglich, die Modellierung mit verschiedenen Darstellungsmodi (schattiert, massiv, verdrahtet) zu visualisieren.

Menü **Workflow: Netz erstellen...**

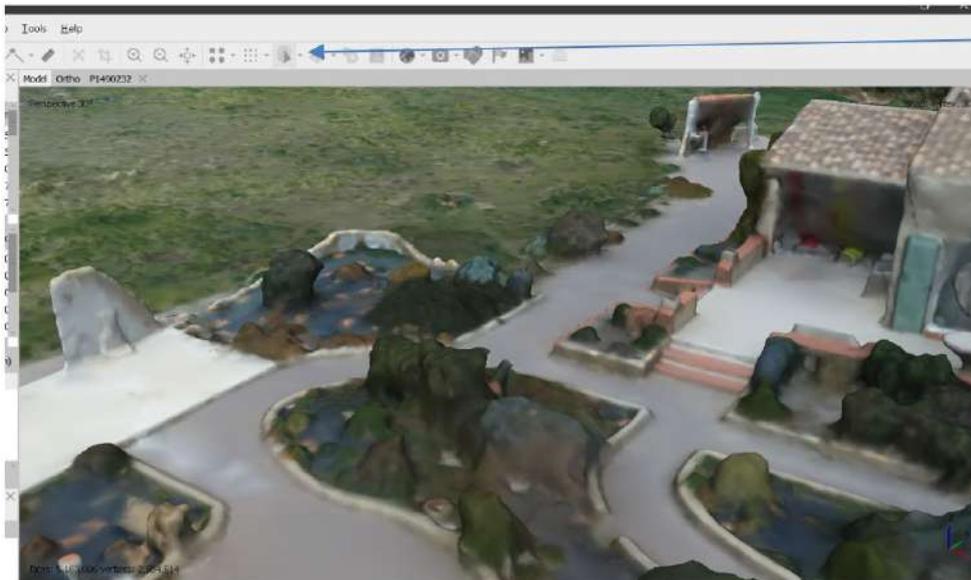


Die Verwendung von "**arbitrary**" erzeugt ein gewöhnliches 3D-Netz mit Flächen rund um die Objekte; "**height field**" ist eine vertikal aufsteigende Oberfläche, besser geeignet für Terrains, ebene Flächen, Landschaften, Haufenvolumen in einem Steinbruch... es verbraucht weniger Speicher und Leistung des Computers.

Face Account hängt von Ihrem Computer, dem erwarteten Ergebnis und der Fähigkeit des Computers Ihres Kunden ab, das Netz zu visualisieren...

Die Interpolation verringert die Anzahl und Größe der Löcher im Modell. Wenn sie deaktiviert ist, bleiben alle Löcher erhalten und müssen nachbearbeitet werden.

Extrapolation füllt alle Löcher, erzeugt aber manchmal eine falsche Geometrie, die ebenfalls nachbearbeitet werden kann.



Klicken Sie auf ,
um die
Netzansicht
auszuwählen

Seite: Die
Masche mit
hoher
Schlagzahl

Abbildung 6-1 Netz mit "hoher" Flächenzahl

Unten: Die Masche mit mittlerer Flächenzahl

Hinweis: Je
höher die
Ausrichtung,
desto besser
das Netz.



Abbildung 6-2 Netz mit "mittlerer" Flächenzahl

Mit dem Symbol "Netzansicht"  können Sie sehen

- Das Netz ohne Farben "Vollsicht"

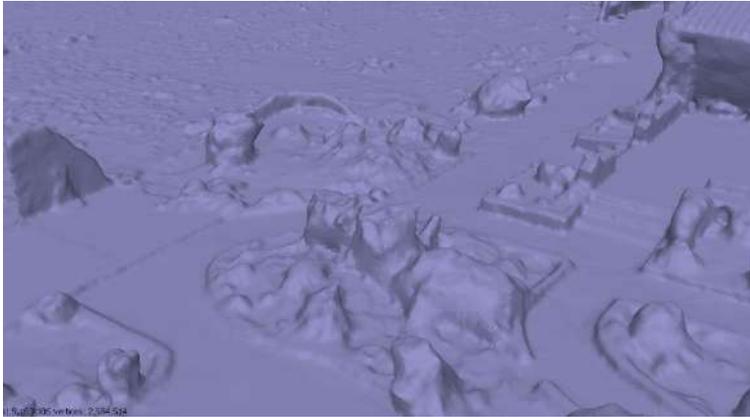


Abbildung 6-3 Netz in der Volumendarstellung

- Das Drahtgitter des Netzes

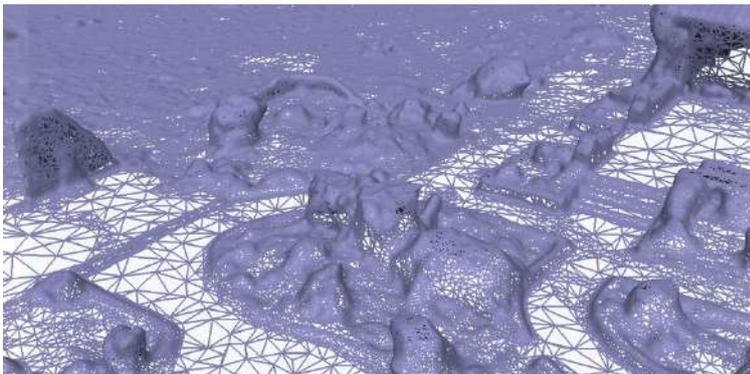
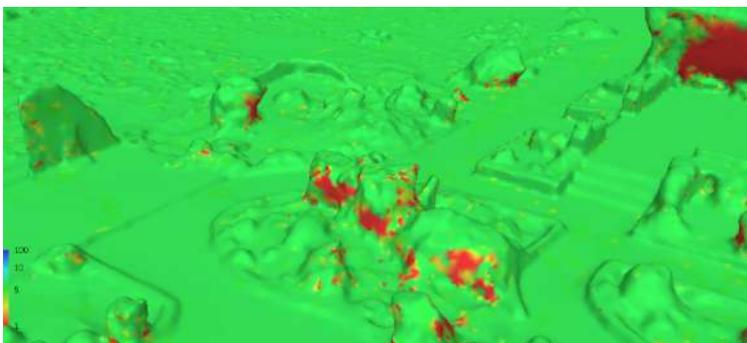


Abbildung 6-4 Netz in Drahtgitteransicht

- Das Vertrauen in das Netz ist hier nicht sehr gut:



blau= 100%,
grün= nicht so schlimm,
rot= schlecht

Abbildung 6-5 Vertrauen in das Netz

Erstellen einer Textur auf dem Netz

Achtung: Wenn die Fotos nicht einheitlich in Helligkeit oder Farbe sind, verwenden Sie "Werkzeuge // Farbe kalibrieren" und die Software führt eine Standardisierung der Farben durch, um eine bessere Textur zu erhalten.



Abbildung 6-6 Farbkalibrierung von Fotos vor der Erstellung einer Textur

In diesem Schritt können Sie die Parameter für die Erstellung der Texturen (aus den Fotos) auswählen und anwenden, die im nächsten Schritt auf das 3D-Modell angewendet werden. Eine gute Textur ermöglicht es, eine viel bessere visuelle Qualität des endgültigen Modells zu erhalten.

Arbeitsablauf: Textur erstellen...

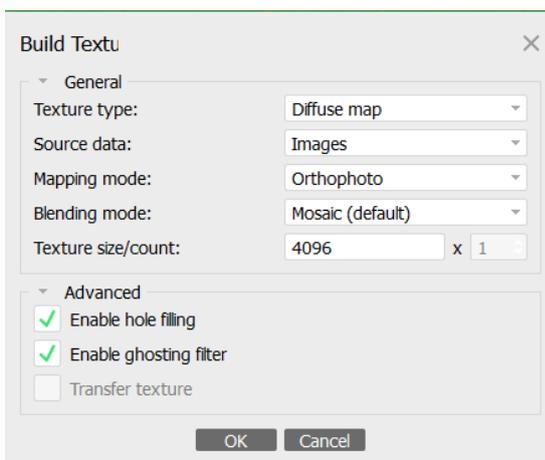


Abbildung 6-7 Menü "Texturverarbeitung erstellen"

"diffuse map" ist der normale Texturierungsmodus ("normal" berechnet die Beleuchtung für die Nachbearbeitung und "occlusion" wendet Schattierungen vom Hintergrund an)

Quelle aus Bildern ist die genaueste

Mapping "orthophoto" platziert die Farben für die Ortho-Ansicht, und "adaptive orthophoto" platziert die Farben mit einer besseren Genauigkeit auf vertikale Objekte (besser für Fassaden oder Klippen)

Beim Überblenden "Durchschnitt" werden die Farben des besser definierten Punktes aus den Fotos verwendet.

Das Füllen von Löchern ermöglicht ein schönes Ergebnis

Aktivieren Sie den Geisterbildfilter, um sich bewegende Objekte zu eliminieren, die unklar oder nicht in allen Bildern vorhanden sind.

NB: ein einziges Bild als Textur anwenden kann einen lustigen Effekt machen, wenn Sie ein anderes Foto als das des Ortes zu modellieren geben...



Texturiertes
Modell

Beachten Sie
die Details wie
den
Bürgersteig, die
Kanten der
niedrigen
Mauern...

... aber immer
noch nicht
perfekt.

Abbildung 6-8 strukturiertes Netz

6.2 Erzeugen eines Kachelmodells

Ein Kachelmodell ermöglicht es, Modelle großer Flächen oder sehr feine Modelle kleiner Flächen zu speichern: Die Details werden nur beim Zoomen angezeigt.

Menüablauf: ein Kachelmodell erstellen

Tiefenkarten werden in der Regel ausgewählt und gespeichert, die dichte Wolke ist eine

Alternative

Qualität und Pixelgröße einstellen (hier Standardwerte)

Je kleiner die Kachelgröße ist, desto schneller ist die Visualisierung

Andere Optionen sind Standard

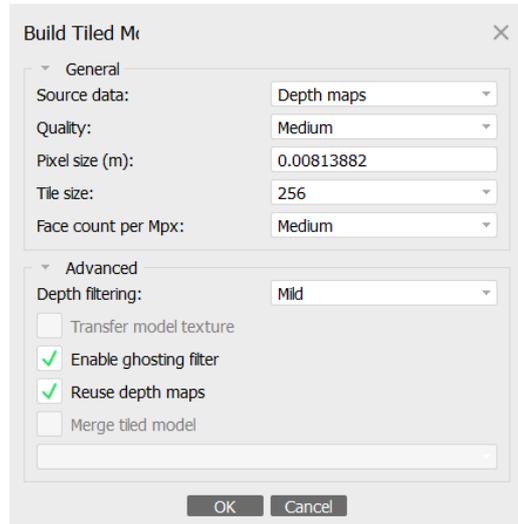


Abbildung 6-9 Menü für die Bearbeitung von Kachelmodellen

Das Kachelmodell ist sehr realistisch:



Abbildung 6-10 gekachelte Modellansicht

Der Bürgersteig ist fotoähnlich, ebenso wie die niedrigen Mauern, aber schauen Sie sich den Winkel des Hauses an... nicht richtig!

Im Inneren der überdachten Terrasse können Sie die gestreckten Fotos der Option "Lochfüllung" sehen.

Das gesamte Modell mit den Markern befindet sich immer noch an der gleichen Stelle:
Das Netz hat die Geometrie oder die Geolocation nicht verändert.



Abbildung 6-11 ganzes gekacheltes Modell - beachten Sie, dass die Position des Markers immer noch richtig ist

Werfen wir einen Blick auf einige Details...

Der Pool ist umgeben von einem

Der Maschendrahtzaun... ist
verschwunden,

Aber auf der Wandseite ist zu
sehen

Und die Poolhausseite



Abbildung 6-12 Kachelmodell gibt den Drahtzaun des Pools vor



Die Dachrinne ist nicht gerade, so wie das Garagentor

Der Baumstamm ist nicht vorhanden

Die Strukturen des Carports haben keine Pfosten.

Abbildung 6-13 Kachelmodell-Standardwerte

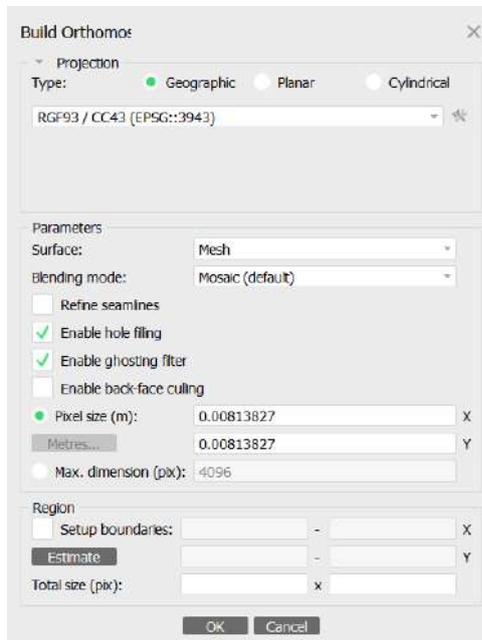
Ursache: kein (gutes) Foto, um sie zu definieren = brauchen Modusbilder, z.B. durch einen Rundflug um die Häuser, dann die Teile zusammenfügen und das Netz neu aufbauen.

7. Erstellung eines orthofotos oder orthomosaic

In diesem Schritt wird ein 2D-Bild des Modells erstellt, das durch orthogonale Projektion des Netzes auf eine ebene oder entwicklungsfähige Fläche entsteht.

NB: Alle Fehler oder Löcher im Netz sind auf dem Orthomosaik zu sehen, es ist nur eine Projektion.

Menüablauf: Erstellen eines Orthomosaiks...



Hier handelt es sich um ein Grundstück, also ist die Projektion geografisch, im Rechtssystem des Landes. Wenn es sich um eine Fassade handelt, wählen Sie "planar" und setzen 3 Punkte auf die Fassade, um sie auf den von ihnen definierten Plan zu projizieren.

Wir verwenden alle Standardwerte

Geisterbildfilter aktivieren ist nicht im Standard

Es kann eine Region definiert werden, die kein Orthofoto des gesamten Modells erzeugt.

Abbildung 7-1 Menü für die Orthomosaikverarbeitung

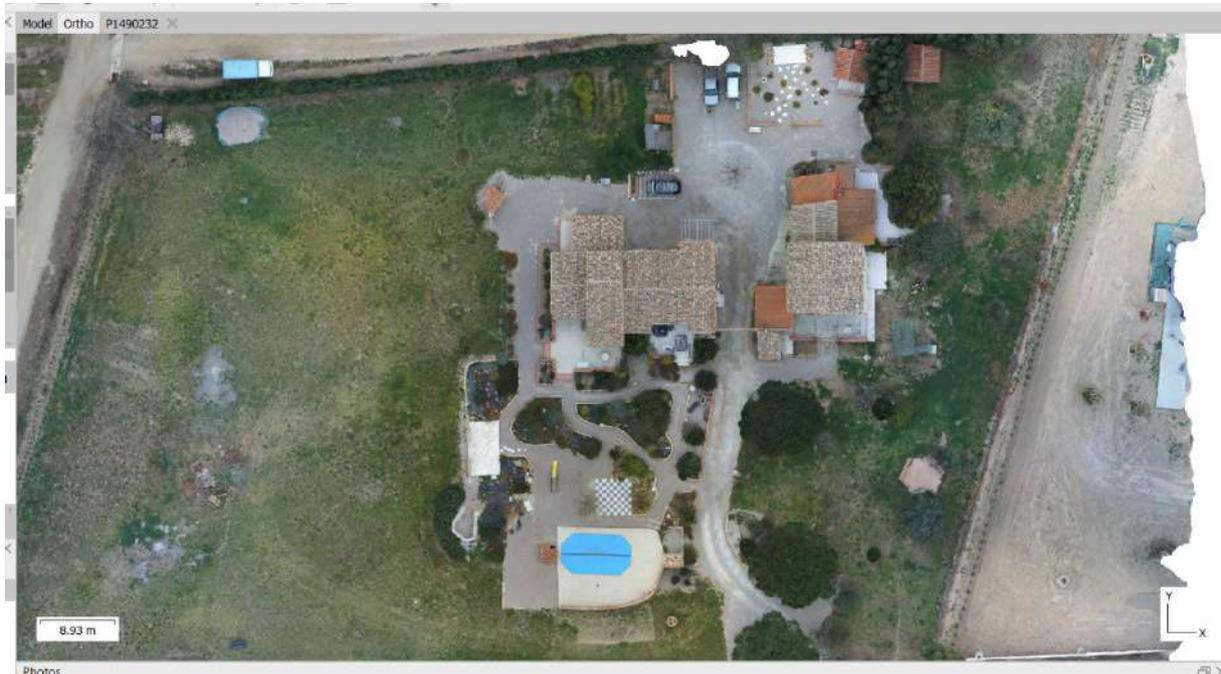


Abbildung 7-2 Orthomosaik-Ergebnis

Sie können die Abmessungen einiger Objekte überprüfen, um sicher zu sein, dass die Skalierung stimmt

Sie können auch einige Koordinaten mit denen vergleichen, die Sie durch eine Vermessung mit klassischen Instrumenten erhalten haben.

8. Erstellung eines digitalen Höhenmodells

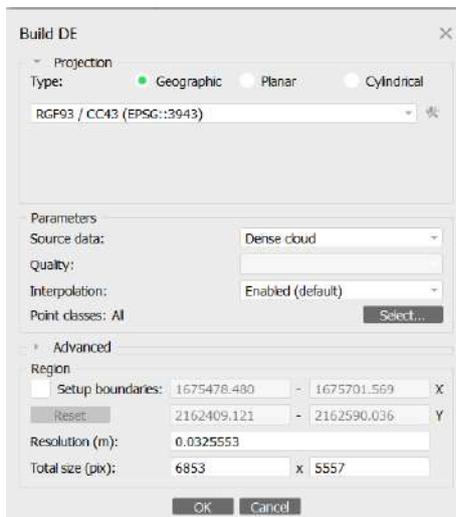
In diesem Schritt wird eine "2,5D-Grundrissansicht" mit Höhenangaben erstellt, die in einem entsprechenden regelmäßigen Gitter gespeichert sind.

Es können zwei Arten von Ergebnissen erzielt werden:

- Das DSM: digitales Oberflächenmodell = alle Punkte des Modells mit ihrer Höhe bezogen auf die Erdoberfläche. Alles befindet sich auf dem DSM: Vegetation, Gebäude, Zäune ... und der Boden.
- Das DTM: digitales Geländemodell = nur das Gelände = es muss durch eine vorherige Operation am Netz gefiltert werden: Klassifizierung des Netzes. Diese Operation macht "automatisch" den Unterschied zwischen dem Boden, den Bäumen, den Gebäuden ... und dann kann der Boden gefiltert werden, um nur das 2,5D-Gelände, das DTM, zu erhalten.

Ein DSM erstellen

Menü **Arbeitsablauf**: **DEM bauen...**



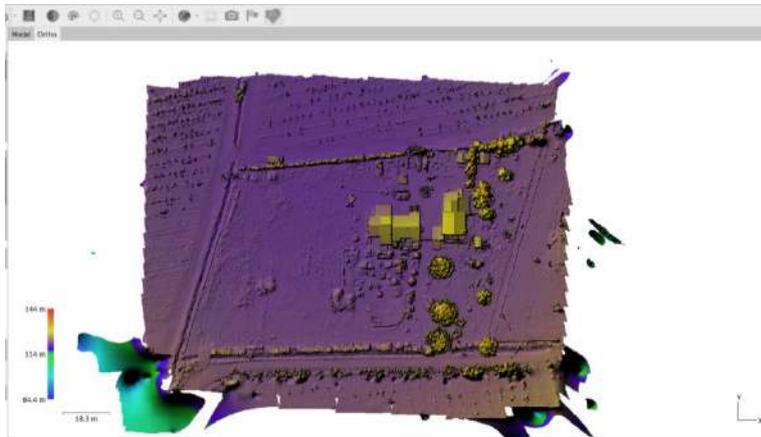
Verwenden Sie eine planare Projektion, wenn Sie einen von der geografischen Höhe abweichenden "Null"-Bezug festlegen möchten.

Eine dichte Wolke ist die empfohlene Quelle

Für den DSM die Interpolation aktivieren

Die Auflösung des Höhenrasters ist automatisch, aber es ist möglich, den zu behandelnden Bereich zu reduzieren

Abbildung 8-1 Menü DEM-Verarbeitung



Ergebnis: ohne
Vorsichtsmaßnahme an den
dichten Wolkenrändern

Anzeige des Ergebnisses auf
dem "Ortho"-Display

Hier führte die
Interpolationsarbeit zu Fehlern
an den Rändern.

Unsere dichte Wolke war
schlecht an den Rändern, lasst
uns ausschneiden!

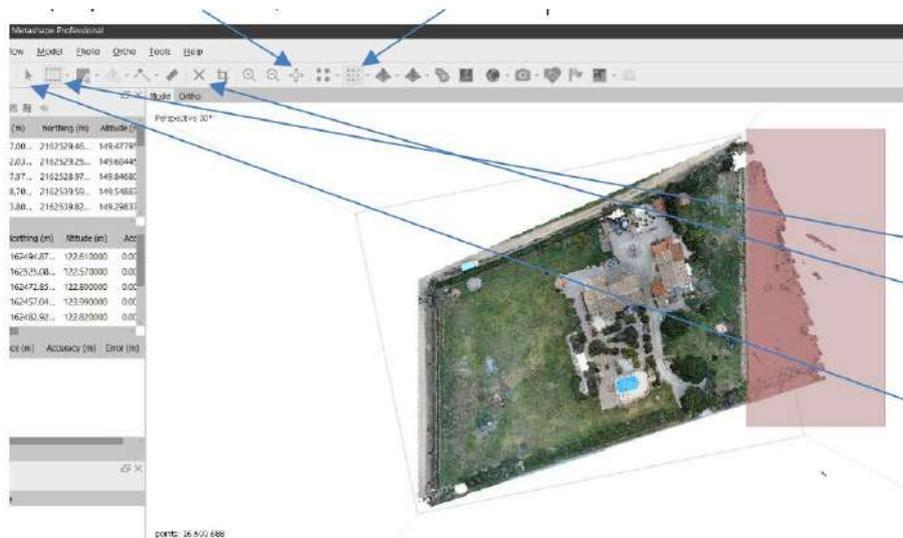
Abbildung 8-2 DEM-Ergebnis

Durchschneiden der dichten Wolke

Die dichte Wolke muss auf den zu modellierenden Ort und die guten Punkte beschränkt werden:

Anzeige der Gesichtsansicht und der dichten Wolke

Drehen Sie die Wolke so, dass eine Seite parallel zum Fenster liegt (bleiben Sie in der



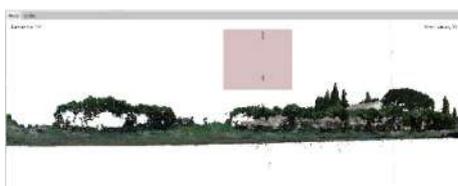
Ansicht der X,Y-
Ebene, gehen Sie
nicht in 3D)

Verwenden Sie die
Rechteckauswahl

Klicken Sie auf
"löschen".

Gehe zurück zur
Pfeilbewegung und
wiederhole sie mit
allen Seiten.

Abbildung 8-3 Dichter Wolkenschnitt in der Draufsicht



machen Sie es auch auf der Seite, mit einer X,Z oder
Y,Z Ansicht

Abbildung 8-4 dichter Wolkenschnitt in der Ansicht von der Seite

Rekordprojekt zum Abschluss bringen

Die Punktwolke enthält jetzt nur noch den zu berechnenden Plot, gute Punkte.

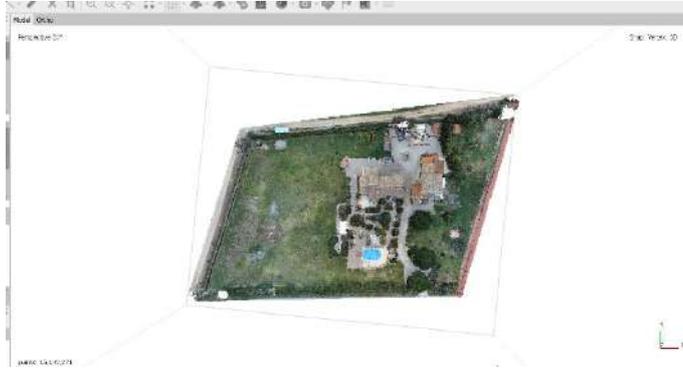


Abbildung 8-5 dichte, auf die Baustelle begrenzte Wolke

Wiederholen Sie den Vorgang: Menü **Workflow : DEM bauen...**

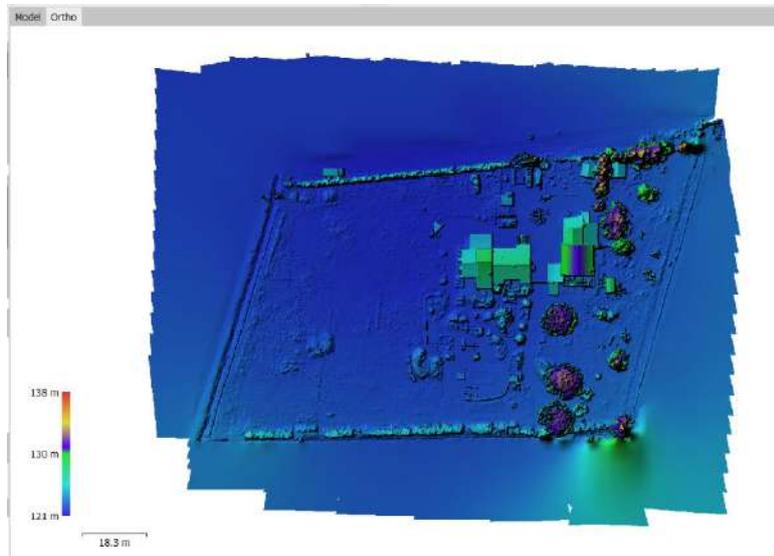


Abbildung 8-6 DEM beschränkt auf die Baustelle

das bisherige DEM wird ersetzt

Es gibt immer noch Unstimmigkeiten an einer Kante, aber die Farbskala ist jetzt korrekt.

Beachten Sie das Dach der höchsten Konstruktion in verschiedenen Farben

Beachten Sie, dass die Ränder des DEM immer noch groß sind: Das Modell reicht immer bis an die Grenze der Fotos.

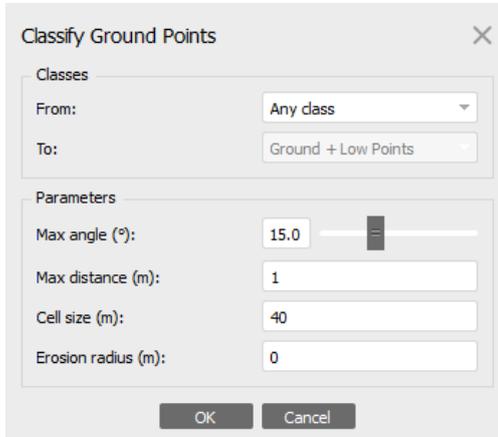
Fotos sollten beschnitten werden..

Aufbau eines DTM: Klassifizierung zuerst

Vor der Verarbeitung zum "build DEM" muss die Punktwolke klassifiziert werden.

Bei diesem Vorgang wird jeder Punkt einer Kategorie zugeordnet: Boden, Vegetation, Gebäude... Dann ist es möglich, ein neues DEM nur mit dem Boden zu erstellen, um ein richtiges digitales Geländemodell zu erhalten.

Menü **Werkzeuge** : **dichte Wolke Bodenpunkte klassifizieren...**



Versuchen Sie es zunächst mit den Standardwerten

Der Winkel von 15° eignet sich für weiche Hänge, wenn die Hänge höher sind, setzen Sie einen höheren Winkel an, oder wenn es Felsen auf dem Boden oder Klippen gibt. Dieser Winkel ist ein Test zwischen zwei Punkten zu klassifizieren.

Der maximale Abstand ist die maximale vertikale Abweichung zwischen zwei nahe beieinander liegenden Punkten: beseitigt Wände, Stämme...

Eine Zelle enthält keinen Massepunkt, platzieren Sie sie groß. Der Erosionsradius ist ein Abstand, der den Punkt an der Basis des nicht-erdigen Punktes ausschließt, er

beseitigt ihren "Stumpf".

Abbildung 8-7 Menü zur Klassifizierung dichter Wolken

Führen Sie Tests durch, um den richtigen DTM zu erhalten.

Anzeige des Ergebnisses über die Symbolleiste

Die Bodenklasse ist braun gefärbt

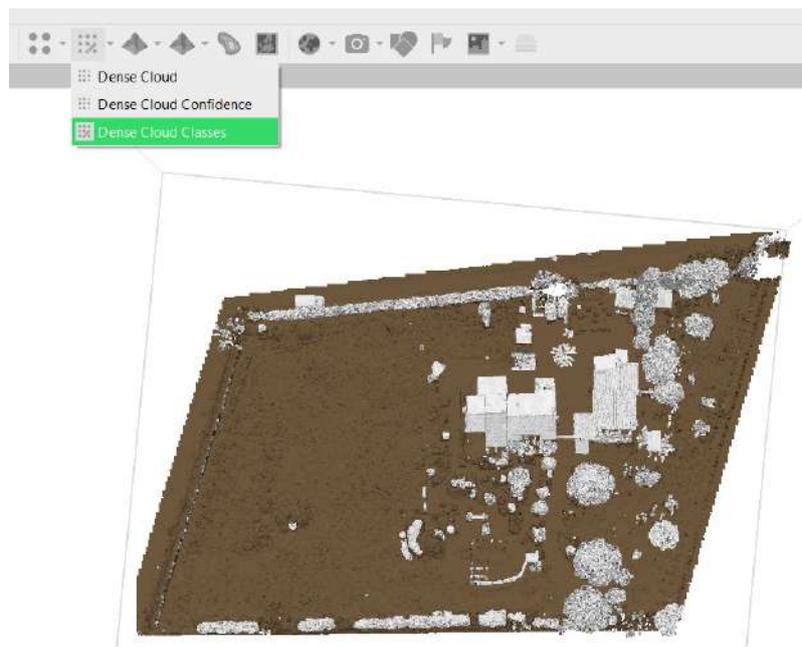


Abbildung 8-8 dichte Wolke Bodenklassenpunkte

Ändern Sie die Einstellungen, und versuchen Sie es erneut, wenn sie nicht stimmen: unten sehen Sie das Ergebnis der "1m max distance": Wände werden bis zu 1m hoch geschliffen.



Abbildung 8-9 dichte Wolke Bodenklasse Punkte in der Nähe: Wände sind in der falschen Klasse wegen der "1m max Abstand" eingestellt



Abbildung 8-10 dichte Wolke Bodenklasse richtige Punkte

Neuer Versuch mit einem maximalen Abstand von 0,1m und einem Erosionsradius von 0 m:

Die Mauern sind vollständig entfernt, aber nicht die ganze kleine Vegetation

Menü **Arbeitsablauf : DEM bauen...**

Klicken Sie auf "Auswählen" neben "Punktklassen" und wählen Sie nur "Boden".

Interpolation aktiviert

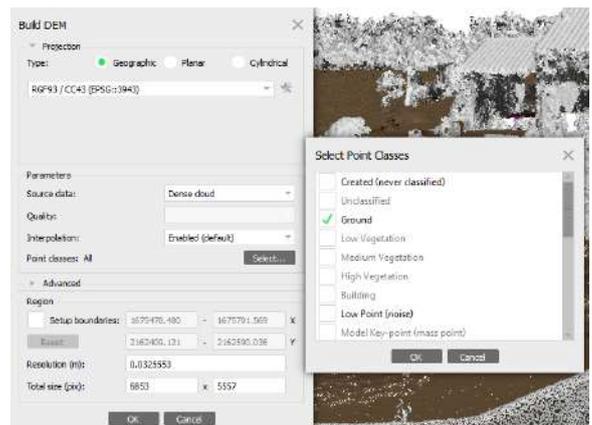


Abbildung 8-11 Menü DEM erstellen mit Bodenauswahl für DTM

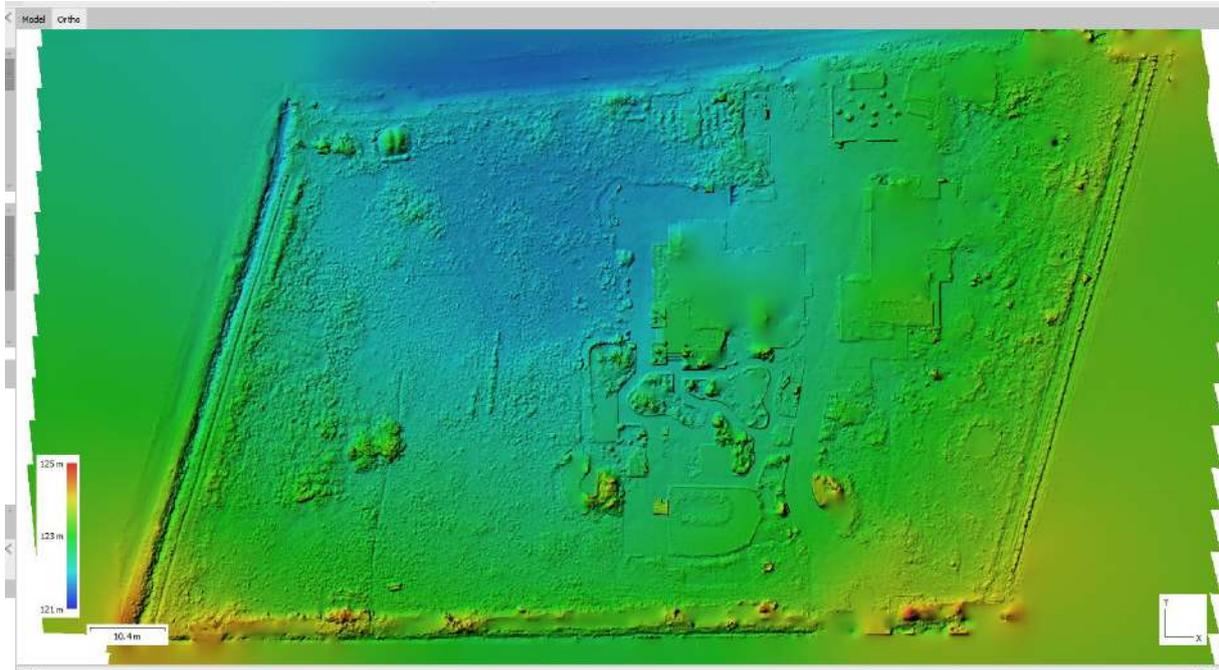


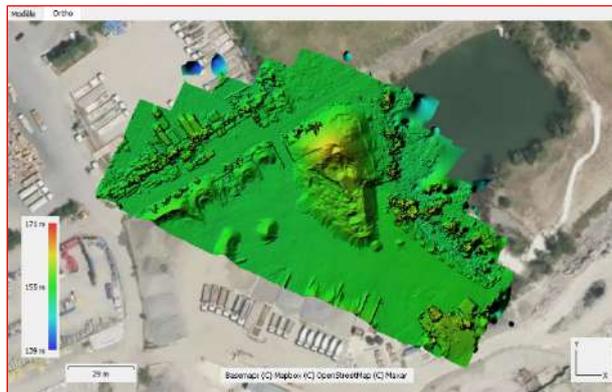
Abbildung 8-12 die man erhält, wenn man nur die Punkte der Bodenklasse verarbeitet

Das DTM schließt die Häuser, Mauern und Bäume aus.

Aber sie hält die Vegetation niedrig, die Bauten niedrig...

Es handelt sich nicht um ein echtes DGM, wie es mit einer Totalstation und einem Prismenstab oder einem LIDAR-Drohnenflug vermessen worden wäre.

Die einzige Möglichkeit, ein echtes DTM mit Hilfe der Photogrammetrie zu erhalten, besteht darin, überhaupt keine Vegetation zu haben, wie in einem Steinbruch:



Dieses DTM eines Steinbruchs ist sehr genau

Die Satellitenansicht wird angezeigt



(klicken Sie auf)

Da das Modell geolokalisiert ist, wird es perfekt in der Satellitenansicht positioniert. (Problem: Es ist nicht möglich, die Quelle der Satellitenansicht mit einer Version unter 2.0 von metashape zu wählen)

Abbildung 8-13 DTM eines Steinbruchs

In diesem vergrößerten Ausschnitt sehen Sie, wie der "bodenlose" Teil gefüllt ist: wie eine gespannte Leinwand zwischen den Punkten rundherum. Unter Häusern, Autos, Bäumen. Sehen Sie auch, dass die niedrige Vegetation fälschlicherweise in das DGM integriert wird...

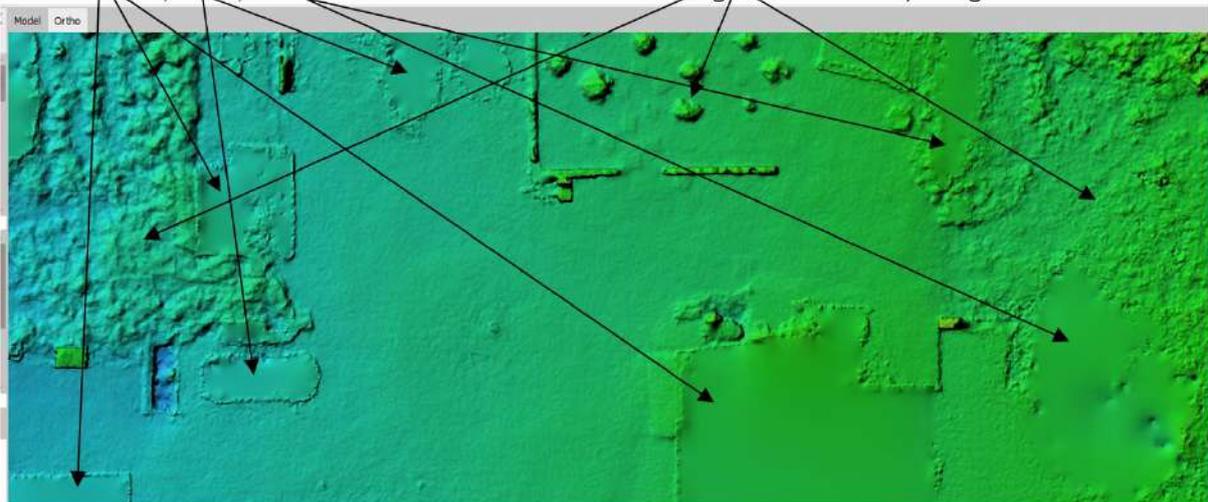


Abbildung 8-14 DTM nach der Bearbeitung



Die gleiche
Stelle im
Kachelmodell:

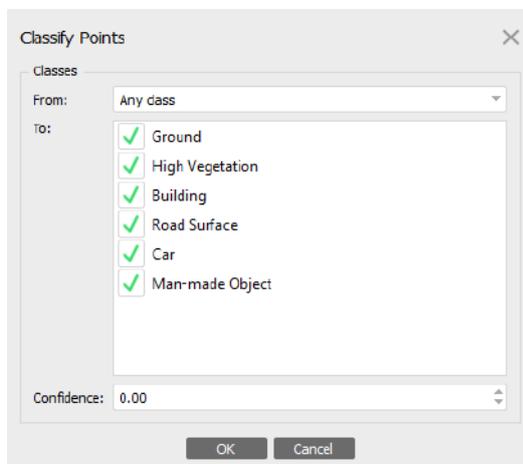
Abbildung 8-15 Kachelmodell mit allen Elementen, die durch die Klassifizierung entfernt wurden, um das DTM zu erhalten

9. Multiklassifizierung einer punktwolke

Im vorigen Schritt bezog sich die Klassifizierung nur auf den Boden. Verfeinern wir die Klassifizierung, um nur einige Objekte zu entfernen, und erhalten wir vielleicht ein noch besseres DTM...

Menü **Werkzeuge : dichte Wolke Punkte klassifizieren**

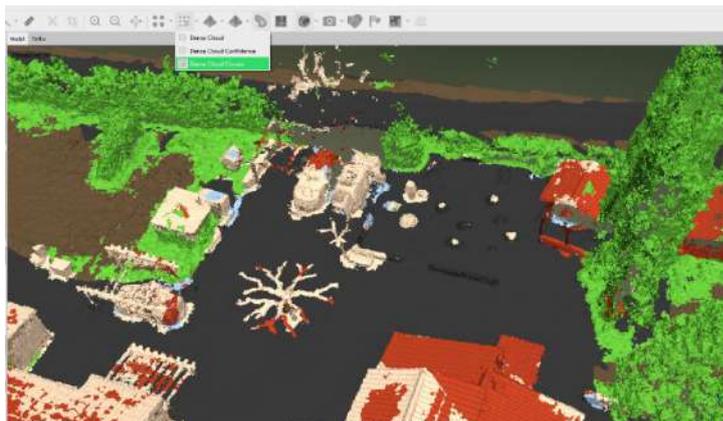
Alle auswählen oder nicht.



Konfidenz variiert von 0: alle Punkte werden klassifiziert

Zu 1: Ein Punkt, der nicht eindeutig klassifiziert werden kann, bleibt unklassifiziert

Abbildung 9-1 Menü Punkte klassifizieren



Ergebnis: (dichte Wolkenklassen anklicken)

grün=Vegetation

braun=erdig

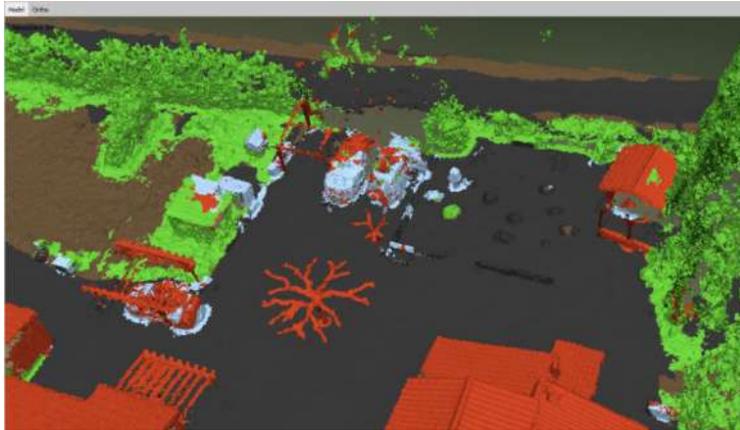
rot=Gebäude (!!)

dunkel=Straße

hellblau=Auto (!!)

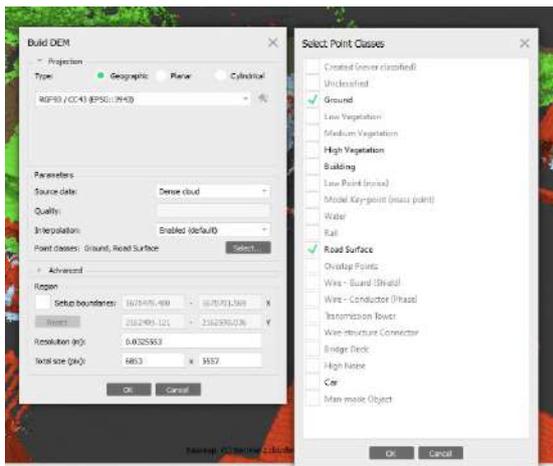
Hellbraun= von Menschenhand geschaffene Gegenstände (!!)

Abbildung 9-2 Klassifizierte Punkte schlechtes Ergebnis



verfeinern wir die Auswahl, indem wir "vom Menschen geschaffene Objekte" abwählen:
etwas besser, insbesondere für Gebäude
nicht für Autos
nicht für den zentralen Baum (er ist jetzt ein Gebäude)
nicht für niedrige Vegetation

Abbildung 9-3 Klassifizierte Punkte besseres Ergebnis, immer noch nicht perfekt

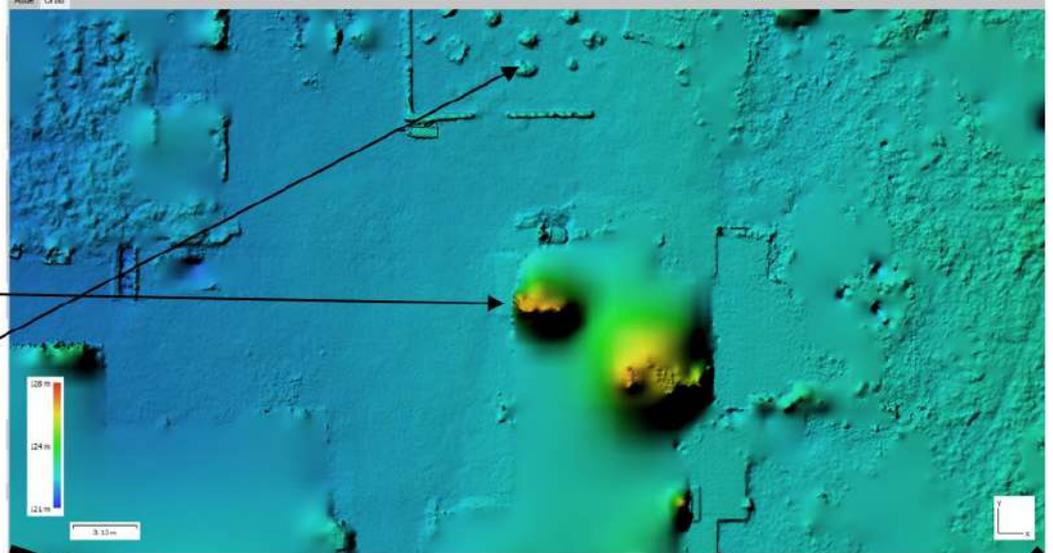


Verwenden wir diese Klassifizierung, um ein DTM zu erhalten, bei dem Boden und Straße ausgewählt sind:

Abbildung 9-4 DEM-Menü mit Boden und Straße für DTM ausgewählt

Ergebnis an gleicher Stelle:

Wenn schlecht
klassifizierte
Punkte
auftauchen,
sollten wir sie
manuell in die
Kategorie "gut"
einstufen:
Gebäude
Niedrige
Vegetation



Globales
Ergebnis:

Einige Fehler
müssen
korrigiert
werden

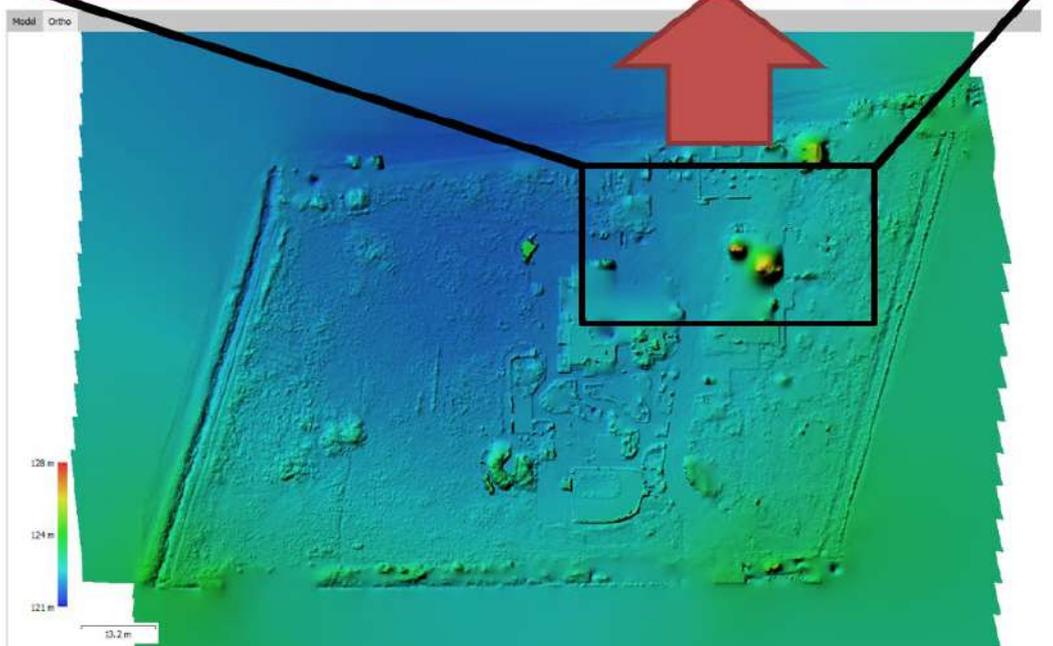


Abbildung 9-5 DTM-Ergebnis mit ausgewähltem Boden und Straße und Zoom auf Details

Weisen wir die Klassen manuell zu, um eine realistischere DTM zu erhalten

Manuelle Klassifizierung: zuerst nur die Boden- und Straßenoberflächenpunkte anzeigen (Werkzeuge // dichte Wolke // Filter nach Klasse)



Abbildung 9-6 Punktwolke, die nur Boden und Straßenoberfläche anzeigt

Wählen Sie die zu ändernden Punkte aus:



Abbildung 9-7 Auswahl eines Rechtecks aus einigen schlecht klassifizierten Punkten

Sobald die Punkte ausgewählt sind, gehen Sie zu

Werkzeuge // Dichte Wolke // Klasse zuweisen (nur möglich, wenn die Punkte zuvor ausgewählt wurden)

Und weisen Sie die richtige Klasse zu

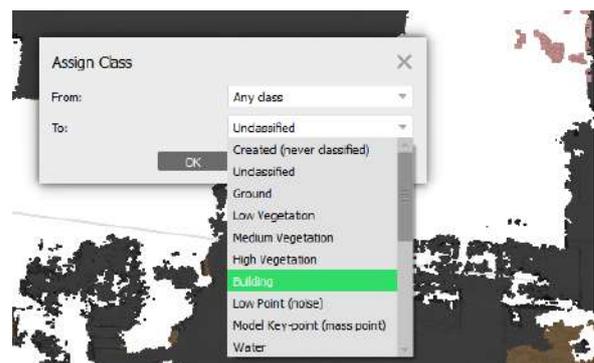


Abbildung 9-8 Zuordnung der Klasse "Gebäude" zu den ausgewählten Punkten

Die Punkte verschwinden aus der Anzeige, da sie nicht mehr in den angezeigten Klassen enthalten sind, so dass Sie die gesamte Wolke bearbeiten können, indem Sie sie mit dem aktuellen falschen DGM vergleichen (Umschalten zwischen "Modell" und "Ortho").

Bewegen Sie das Modell so, dass Sie die Punkte über dem Boden sehen können:

Hier wurde die Grillwand als Boden eingestuft

Und einen Fehler in der DTM begangen



Abbildung 9-9 Auswahl von Punkten in einer Seitenansicht

Neuberechnung des DEM, wobei nur die Klassen "Boden" und "Straßenoberfläche" ausgewählt werden

Und das letzte Detail auf der DTM wird:

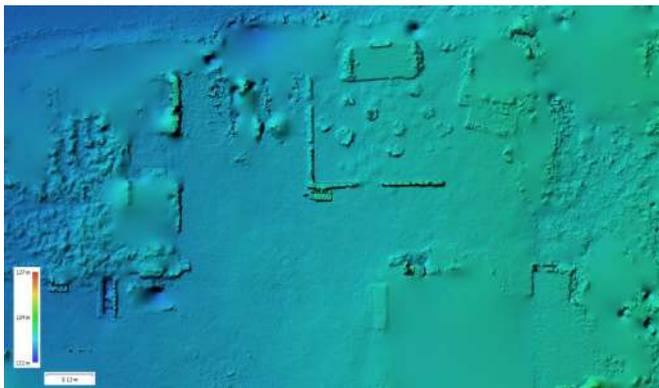


Abbildung 9-10 früherer DTM-Zoom auf Details, jetzt korrigiert

Mit einem viel besseren Gesamtergebnis:

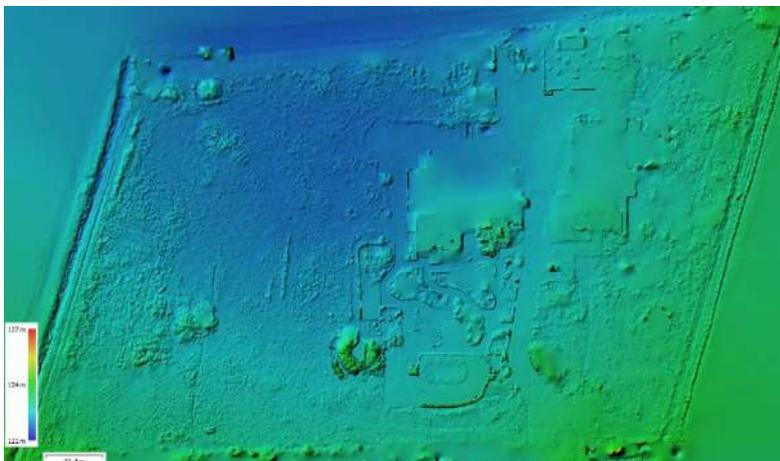


Abbildung 9-11 DTM-Ergebnis nach Verfeinerung der Klassifizierung mit ausgewähltem Boden und Straße

Denken Sie daran: Die niedrige Vegetation (Gras, Kräuter...) IST das DTM in der Photogrammetrie, so dass ein ECHTES DTM nur erreicht wird, wenn es KEINE Vegetation gibt.

10. Ein digitales modell exportieren und ein video erstellen

10.1 Ein Modell exportieren

Exportieren mit Menüdatei // exportieren

Wählen Sie das gewünschte 3D-Exportformat und die zu exportierenden Daten.

Es hängt alles von der Zielsoftware und der Verwendung des Modells ab. Prüfen Sie, welche Art von 3D- oder 2D-Datei die Zielsoftware öffnen kann.

- Punktwolke: E57 ist üblich, oder LAZ (PDF funktioniert, aber beim Öffnen mit pdf reader ist es etwas schwierig, die Punktwolke oder das Modell zu bewegen)
- Modell: STL ist üblich
- Kachelmodell: Standard-TLS funktioniert
- Orthomosaik: JPG oder TIFF oder Google Maps-Kacheln

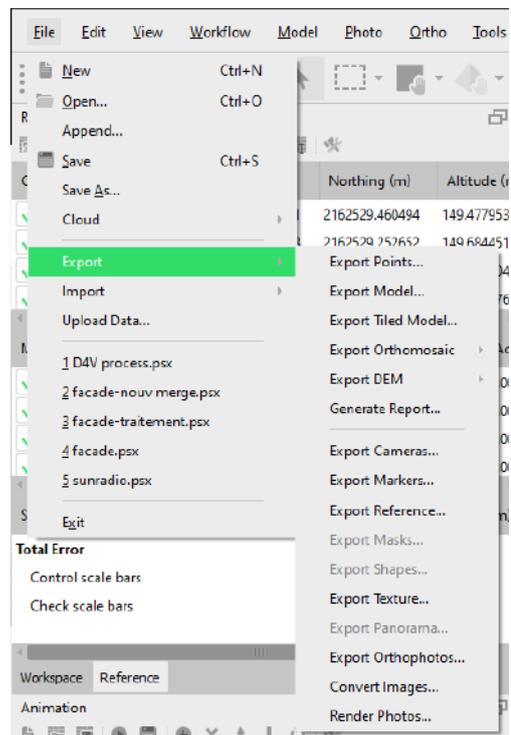


Abbildung 10-1 Exportmenü

In einem Viewer öffnen

Beispiel für einen kostenlosen Viewer: Agisoft Viewer (natürlich!), aber es gibt viele andere.

Um ein beliebiges 3D- oder 2D-Modell zu betrachten: verwenden Sie "Ebene hinzufügen".

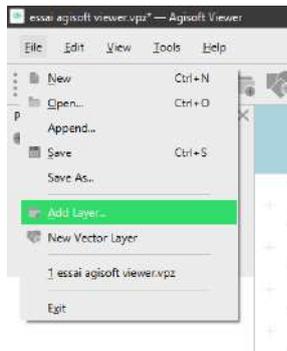


Abb. 10-2 Dateimenü im Agisoft-Viewer

Bewegen Sie das Modell mit dem Mausrad (halten Sie die Maustaste gedrückt, um die Ansicht zu ändern, rollen Sie zum Zoomen)

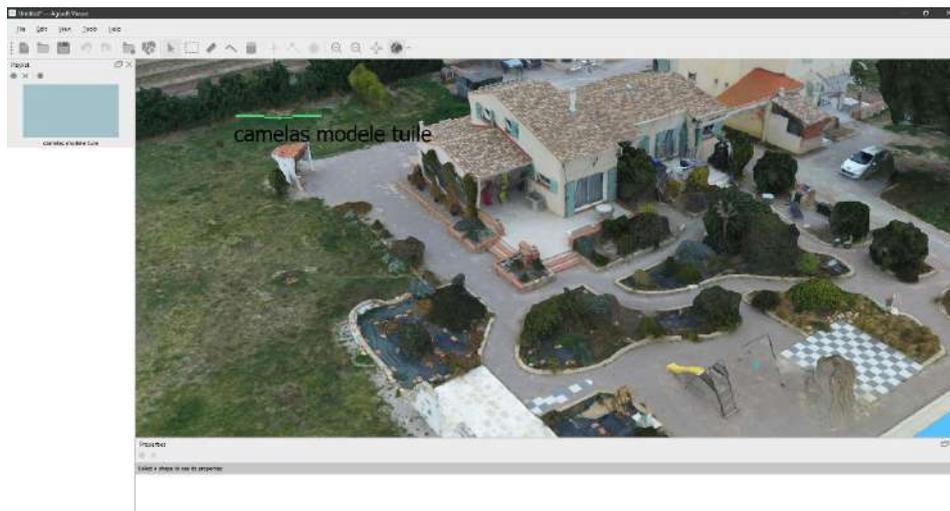


Abbildung 10-2 Agisoft-Viewer

10.2 Videoaufzeichnung von Metashape

Eine der einfachsten Möglichkeiten, Ihre Arbeit zu zeigen, ist die Erstellung eines Videos des Drehmodells.

Du kannst sie verschicken und jeder kann sie öffnen, um dein Können zu sehen!

Einfaches "Drehmodell" Video

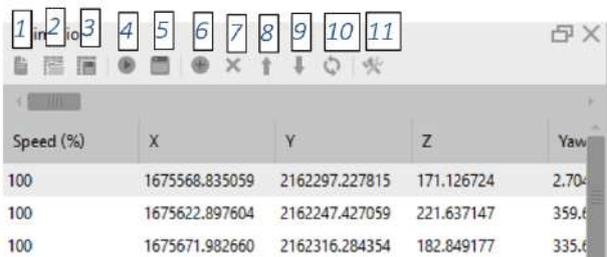
Wenn Sie nichts an den Einstellungen ändern, wird ein kreisförmiger Pfad erstellt, entlang dessen eine virtuelle Kamera auf das Modell gerichtet ist.

Nehmen Sie es einfach auf und Sie erhalten eine 30 Sekunden lange MP4-Datei, die Ihr Modell in der Luft zeigt.

Zeigen Sie das Fenster "Animation" links unten auf dem Bildschirm an:

Abbildung 10-3 das Animationsfenster einschalten

Das Animationsfenster wird unten links angezeigt.



Speed (%)	X	Y	Z	Yaw
100	1675568.835059	2162297.227815	171.126724	2.70
100	1675622.897604	2162247.427059	221.637147	359.6
100	1675671.982660	2162316.284354	182.849177	335.6

- 1: Erstellen Sie eine neue Animation
- 2: Laden eines Kamerapfades
- 3: Aufzeichnung eines Kamerapfades
- 4: Animation im

Hauptbildschirm von metashape abspielen (außer Blickwinkel)

5: Aufnahme der Animation, Erstellung einer MP4-Datei

6: Hinzufügen der eigentlichen Hauptbildschirmansicht in den Pfad

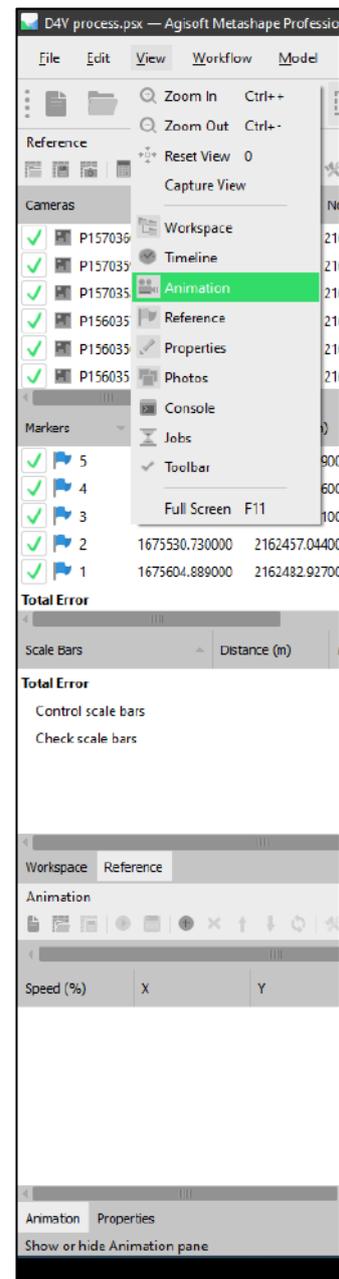
7: Löschen einer Kameraposition

8 & 9: Verschiebt eine Kameraposition in der Liste

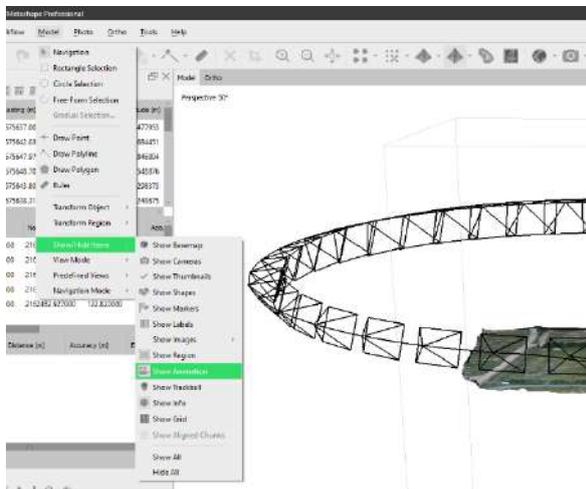
10: Aktualisieren Sie den Pfad und die Liste

11: Einstellungen

Bewegen Sie den Cursor, um die einzelnen Kamerapositionen auf dem Hauptbildschirm anzuzeigen



-Klicken Sie auf "Erstellen" [Button1], stellen Sie "horizontal" ein und belassen Sie die Standardanzahl der Schlüsselbilder



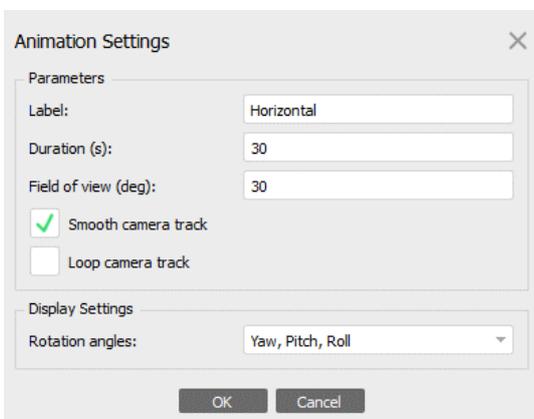
Anzeige des Kamerapfades und der Ausrichtung; Menü Modell verwenden // Elemente ein-/ausblenden // Animation anzeigen.

Jeder Kegel ist eine Kameraposition ("Schlüsselbild"), die durch einen Spline verbunden ist (oder eine gerade Linie, wenn "glatte Kameraspur" nicht aktiviert ist, siehe "Einstellungen" unten).

Abbildung 10-4 Anzeige des Pfades und der Kamerapositionen

- Klicken Sie auf "Play" [Button4], um die Animation zu sehen
- Klicken Sie auf "Aufnahme" [Button5], um eine MP4-Datei aufzunehmen

Falls Sie ein anderes Video wünschen: Klicken Sie auf "Einstellungen" [Button11] und



den Wert der Dauer ändern

Ändern Sie das Sichtfeld, um Ihr Modell im Video größer zu sehen.

glatte Kameraspur, die überprüft wird, wenn Sie die Kamerastandpunkte verschieben

Schleifen-Kameraspur zum Schließen des Pfades

Winkel sind die Namen, die Sie für die Ausrichtung der Kamera bevorzugen

Abbildung 10-5 Fenster mit den Animationseinstellungen

HINWEIS: Wenn der Blickwinkel geändert wird, wird das Ergebnis nicht auf dem Hauptbildschirm angezeigt (wenn Sie auf "Wiedergabe" drücken), sondern nur in der MP4-Video-datei.

Video mit einem bestimmten Kamerapfad

Klicken Sie auf "Erstellen" und stellen Sie die Anzahl der Kamerapositionen ein: Die "Anzahl der Schlüsselbilder" ist die Anzahl der Positionen um das Modell, die durch gerade Linien verbunden sind.

Der Pfad kann geändert werden, indem die Spitze des Kegels ausgewählt und verschoben wird.

Sie können auch eine bestimmte Ansicht in der Modellanzeige festlegen (mit den üblichen Mausbewegungen) und sie dann dem Pfad hinzufügen, indem Sie auf die

Schaltfläche "Anhängen" klicken ().

Nicht ganz einfach...



50 Schlüsselbilder (Standard): sehr kreisförmige Bewegung.

Abbildung 10-6 Kamerafahrt mit 50 Schlüsselbildern



10 Schlüsselbilder und "glatte Kamerabewegung" nicht aktiviert: die Bewegung wird kein echter Kreis sein, sondern den Linien folgen und "rein und raus" gehen

Abbildung 10-7 Kamerabewegung mit 10 Schlüsselbildern und ohne glatte Kameraspur

Nehmen Sie das neue Video auf und überprüfen Sie das Ergebnis usw...

11. Zeichnen eines plans anhand eines modells oder eines orthomosaiks

Das Orthomosaik kann verwendet werden, um einen Plan in einer CAD-Software zu erstellen. Vor allem, wenn Ihre Skalierung genau ist.

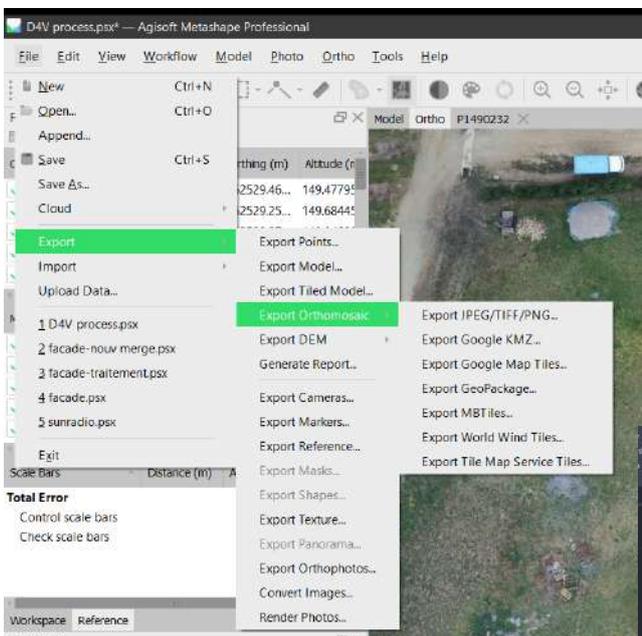


Abbildung 11-1 Menü Datei und wählen Sie JPEG/TIFF/PNG exportieren

Exportieren Sie das Orthomosaik im jpeg- oder tiff-Format, um es in einer Software zum Zeichnen des Plans zu verwenden.

Verwenden Sie die Markierungen, um das Orthofoto vor dem Zeichnen auf die richtigen Koordinaten zu positionieren.

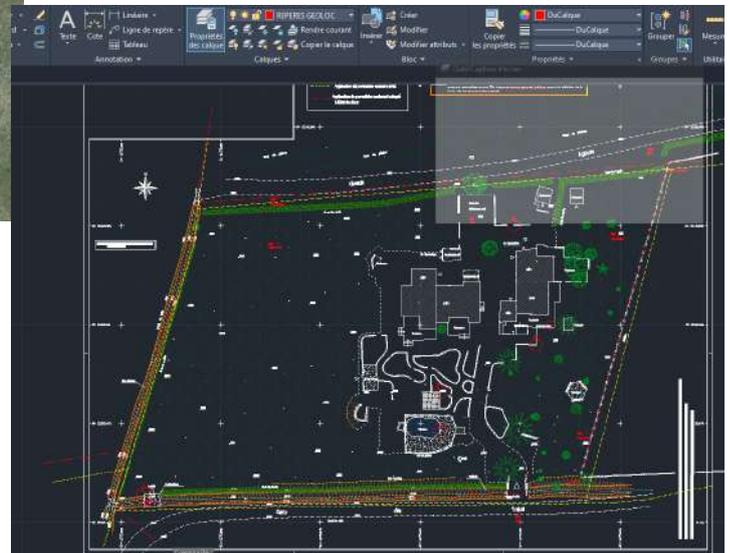


Abbildung 11-2 Baustellenplan, der mit dem skalierten Orthomosaik in Autocad erstellt wurde

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1 Google Maps-Modell (Google).....	7
Abbildung 2-2 Beispiel für ein 3D-Modell (https://numerisation3d.construction).....	8
Abbildung 2-3 unabhängige Fotos desselben Objekts (techno-science.net).....	8
Abbildung 2-4 relative und absolute Ausrichtung der Fotos durch die Software.....	9
Abbildung 3-1 horizontale und vertikale Überschneidungen	11
Abbildung 3-2 Falsche Überlappung aufgrund falscher Zeitraffereinstellung oder Geschwindigkeit.....	12
Abbildung 3-3 Rasterdrohnenflug und überlappende Fotos für 3D-Bodenphotogrammetrie.....	13
Abbildung 3-4 Fotosequenz mit guter Überlappung und Kameraneigung	13
Abbildung 3-5 Rundflug einer Drohne für die 3D-Gebäudephotogrammetrie.....	14
Abbildung 3-8 Bewegung zu einem Gebäude	18
Abbildung 3-9 Bilder eines Gebäudes für die Fassaden-photogrammetrie.....	18
Abbildung 3-10 Pfad für die Fassadenfotogrammmessung	19
Abbildung 3-11 horizontale Überschneidung	19
Abbildung 3-12 horizontale Überlappungsspitze.....	19
Abbildung 3-13 vertikale Überlappung	20
Abbildung 3-14 vertikale Überlappungsspitze.....	20
Abbildung 3-15 Pfad für Fassade und 3D-Gebäude.....	21
Abbildung 3-16 Rundflüge für 3D-Gebäude.....	21
Abbildung 4-1 Pix4DCapture-Einstellungen.....	23
Abbildung 4-2 Pix4DCapture Überlappungseinstellungen	24
Abbildung 4-3 Pix4DCapture Flugbahnauswahl.....	25
Abbildung 4-4 Pix4DCapture Flugweg-Einstellung auf der Karte.....	26
Abbildung 4-5 Pix4DCapture Missionsanzeige während die Drohne fliegt.....	27
Abbildung 5-1 Mit Metashape geladene Bilder	29
Abbildung 5-2 Mit Metashape ausgerichtete Fotos mit Höhen und Sichtlinien	30
Abbildung 5-3 Metashape dichte Punktwolke.....	31
Abbildung 5-4 Metashape-Punktwolke mit weißen Lücken, in denen kein Punkt erstellt wurde	31
Abbildung 5-5 Vertrauen in die Metashape-Punktwolke	32

Abbildung 5-6 Metashape-Überlappungskarte.....	33
Abbildung 5-7 Metashape-Referenzen zur Anzeige der Auswahl.....	34
Abbildung 5-8 Einstellung und Konvertierung des Metashape-Koordinatensystems.....	35
Abbildung 5-9 Brennpunkt der Kamera im neuen Koordinatensystem.....	35
Abbildung 5-10 Excel-CSV-Datei mit den Namen der Referenzen (A) und den Koordinaten (B, C, D).....	35
Abbildung 5-11 Symbol für die Einfuhr.....	36
Abbildung 5-12 für den Import geladene Referenzliste.....	36
Abbildung 5-13 nach dem Import von Referenzen erstellte Markierungen.....	36
Abbildung 5-14 Auf der Punktwolke erstellte Markierungen.....	37
Abbildung 5-15 Fotos mit Markern, die mit einer Flagge gekennzeichnet sind.....	37
Abbildung 5-16 Automatische Auswahl von Fotos mit einer bestimmten Markierung.....	37
Abbildung 5-17 Positionierung der Markierungen.....	38
Abbildung 5-18 Berechnung der Starttransformation.....	39
Abbildung 5-19 relative Positionierungsfehler der Marker nach der Transformation.....	39
Abbildung 5-20 Punktwolke genau skaliert und geolokalisiert.....	40
Abbildung 5-21 Abmessungen an einer Tür gemessen.....	41
Abbildung 5-22 Markierungen auf einem Foto.....	42
Abbildung 5-23 ausgewählte Skalierungspunkte.....	43
Abbildung 5-24 Kontextmenü zum Erstellen eines Maßstabsbalkens.....	43
Abbildung 5-25 Abstandseinstellung.....	43
Abbildung 5-26 Genauigkeitsprüfung nach Transformation der Punktwolke.....	44
Abbildung 5-27 manuelle Maßkontrolle nach Transformation der Punktwolke.....	44
Abbildung 6-1 Netz mit "hoher" Flächenzahl.....	46
Abbildung 6-2 Netz mit "mittlerer" Flächenzahl.....	46
Abbildung 6-3 Netz in der Volumendarstellung.....	47
Abbildung 6-4 Netz in Drahtgitteransicht.....	47
Abbildung 6-5 Vertrauen in das Netz.....	47
Abbildung 6-6 Farbkalibrierung von Fotos vor der Erstellung einer Textur.....	48
Abbildung 6-7 Menü "Texturverarbeitung erstellen.....	48
Abbildung 6-8 strukturiertes Netz.....	49
Abbildung 6-9 Menü für die Bearbeitung von Kachelmodellen.....	50
Abbildung 6-10 gekachelte Modellansicht.....	50

Abbildung 6-11 ganzes gekacheltes Modell - beachten Sie, dass die Position des Markers immer noch richtig ist.....	51
Abbildung 6-12 Kachelmodell gibt den Drahtzaun des Pools vor.....	51
Abbildung 6-13 Kachelmodell-Standardwerte.....	52
Abbildung 7-1 Menü für die Orthomosaikverarbeitung.....	53
Abbildung 7-2 Orthomosaik-Ergebnis.....	54
Abbildung 8-1 Menü DEM-Verarbeitung.....	55
Abbildung 8-2 DEM-Ergebnis.....	56
Abbildung 8-3 Dichter Wolkenschnitt in der Draufsicht.....	56
Abbildung 8-4 dichter Wolkenschnitt in der Ansicht von der Seite.....	56
Abbildung 8-5 dichte, auf die Baustelle begrenzte Wolke.....	57
Abbildung 8-6 DEM beschränkt auf die Baustelle.....	57
Abbildung 8-7 Menü zur Klassifizierung dichter Wolken.....	58
Abbildung 8-8 dichte Wolke Bodenklassenpunkte.....	58
Abbildung 8-9 dichte Wolke Bodenklasse Punkte in der Nähe: Wände sind in der falschen Klasse wegen der "1m max Abstand" eingestellt.....	59
Abbildung 8-10 dichte Wolke Bodenklasse richtige Punkte.....	59
Abbildung 8-11 Menü DEM erstellen mit Bodenauswahl für DTM.....	59
Abbildung 8-12 die man erhält, wenn man nur die Punkte der Bodenklasse verarbeitet.....	60
Abbildung 8-13 DTM eines Steinbruchs.....	60
Abbildung 8-14 DTM nach der Bearbeitung.....	61
Abbildung 8-15 Kachelmodell mit allen Elementen, die durch die Klassifizierung entfernt wurden, um das DTM zu erhalten.....	61
Abbildung 9-1 Menü Punkte klassifizieren.....	62
Abbildung 9-2 klassifizierte Punkte schlechtes Ergebnis.....	62
Abbildung 9-3 klassifizierte Punkte besseres Ergebnis, immer noch nicht perfekt.....	63
Abbildung 9-4 DEM-Menü mit Boden und Straße für DTM ausgewählt.....	63
Abbildung 9-5 DTM-Ergebnis mit ausgewähltem Boden und Straße und Zoom auf Details.....	64
Abbildung 9-6 Punktwolke, die nur Boden und Straßenoberfläche anzeigt.....	65
Abbildung 9-7 Auswahl eines Rechtecks aus einigen schlecht klassifizierten Punkten.....	65
Abbildung 9-8 Zuordnung der Klasse "Gebäude" zu den ausgewählten Punkten.....	65
Abbildung 9-9 Auswahl von Punkten in einer Seitenansicht.....	66

Abbildung 9-10 früherer DTM-Zoom auf Details, jetzt korrigiert.....	66
Abbildung 9-11 DTM-Ergebnis nach Verfeinerung der Klassifizierung mit ausgewähltem Boden und Straße.....	66
Abbildung 10-1 Exportmenü.....	67
Abbildung 10-2 Agisoft-Viewer	68
Abbildung 10-3 das Animationsfenster einschalten.....	69
Abbildung 10-4 Anzeige des Pfades und der Kamerapositionen.....	70
Abbildung 10-5 Fenster mit den Animationseinstellungen	70
Abbildung 10-6 Kamerafahrt mit 50 SchlüsselbildernKamerafahrt mit 50 Schlüsselbildern	71
Abbildung 10-7 Kamerabewegung mit 10 Schlüsselbildern und ohne glatte Kameraspur.....	71
Abbildung 11-1 Menü Datei und wählen Sie JPEG/TIFF/PNG exportieren.....	72
Abbildung 11-2 Baustellenplan, der mit dem skalierten Orthomosaik in Autocad erstellt wurde	72