

# Gestaltung eines Modells auf der Grundlage von LiDAR-Daten und Integration eines 3D-Projekts

Der geometrische Mittelpunkt des Wallis ist nun bekannt. Ein Geometer aus der Region hat ihn mit der Unterstützung von swisstopo in den 2000er-Jahren berechnet. Der Mittelpunkt des Wallis befindet sich mitten im Wald, in der Nähe von St-Luc. Ein Totem, auf dem die Walliser Fahne weht, bezeichnet die genaue Stelle. Der AVECEV<sup>(1)</sup> möchte diesen Ort durch den Bau einer Passerelle um den geometrischen Mittelpunkt herum aufwerten.

J. Brunner

Das Ziel besteht darin:

1. eine Beobachtungsplattform zu schaffen
2. die Landschaft so wenig wie möglich zu beeinträchtigen
3. einen Hightechbau umzusetzen, der das lokale Know-how in sich vereint

Die beiden ersten Punkte sind entscheidend für das Projekt. Eine schlechte Darstellung der Bäume könnte dazu führen, dass der Bau misslingt. Die hier vorgestellte Arbeit wird sich also auf die Darstellung der Bäume konzentrieren, wobei eine LiDAR-Aufnahme<sup>(2)</sup> die einzige Grundlage dazu bildet. Ausserdem werden auch alle Auswertungen erstellt, die notwendig sind, um zu prüfen, ob die Ziele erreicht wurden oder nicht. Ist es möglich, eine Beobachtungsplattform mitten im Wald zu bauen, die die Landschaft und die Bäume so wenig wie möglich beeinträchtigt? Wir werden versuchen, auf diese Frage eine Antwort zu finden.

## 1. Darstellung der Elemente

Ziel dieses Schrittes ist die Übermittlung der für die Prüfung der Passerelle notwendigen Informationen an den Architekten. Die entsprechende Datei wird folgende Angaben enthalten: Lage der Stämme, Lage und Höhe der Wipfel, Einfluss der

Kronen und Topographie des betroffenen Gebiets. Der geometrische Mittelpunkt wird ebenfalls dargestellt sein.

Die Auswertung und Prüfung des LiDAR wurden im Vorfeld durchgeführt. Seine wichtigsten Eigenschaften sind folgende:

- Dichte: ~70 Punkte pro m<sup>2</sup>
- Klassifizierung: nach dem ASPRS-Standard<sup>(3)</sup>
- Genauigkeit: ~10 cm

### a. Konturlinien

Ein DTM<sup>(4)</sup> wurde mit der Software ArcGis und der IDW-Interpolation<sup>(5)</sup> umgesetzt. Um das Rauschen aufgrund der Punktdichte zu reduzieren, wurde es gefiltert. Die Konturlinien wurden auf dieser Grundlage berechnet. Um die Datenmenge zu verringern, wurden die Linien mithilfe einer FME-Routine generalisiert.

Diese Methode wurde überprüft, indem mehrere unverarbeitete LiDAR-Höhenwerte mit den interpolierten Höhenwerten derselben Positionen auf dem gefilterten DTM verglichen wurden. Das Ergebnis (durchschnittlicher HF von 4 cm und Standardabweichung von 5 cm) zeigt, dass der Workflow keine Auswirkungen auf die ursprüngliche Genauigkeit der Punktwolke hat.

### b. Segmentierung

Das Ziel besteht darin, die drei grundlegenden Bestandteile eines Baumes darzustellen, nämlich:

- den Wipfel (3D-Punkt)
- den Stamm (2D-Punkt)
- die Krone (2D-Polygon)

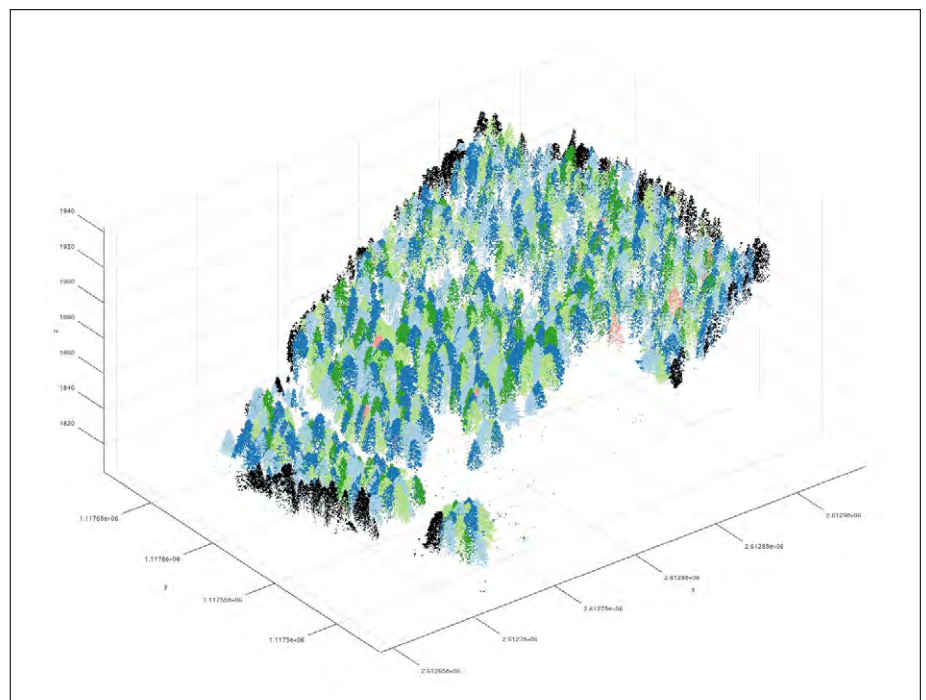


Abb. 1: Gefärbte Punktwolke (ohne Massstab).

Fig. 1: Nuage de points colorisé (sans échelle).

Fig. 1: Nuvola di punti colorizzata (senza scala).

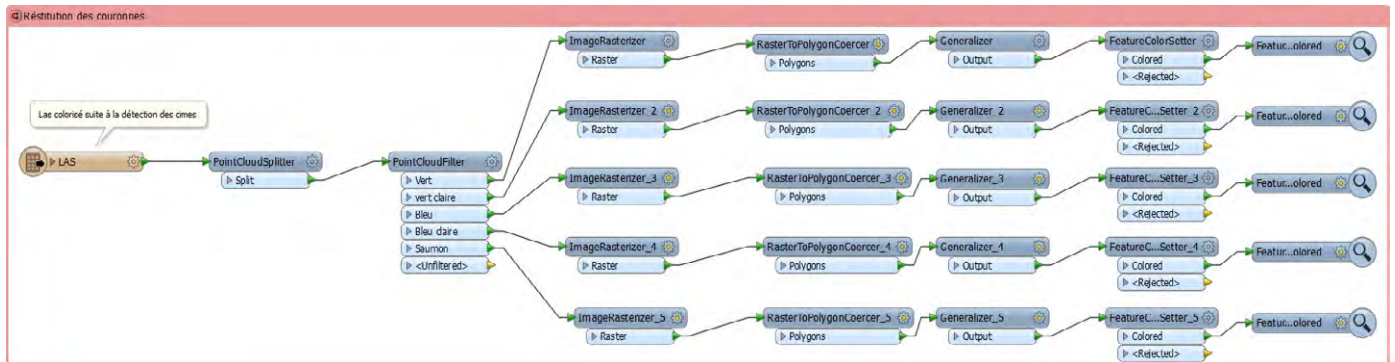


Abb. 2: Vorgehen bei der Darstellung der Kronen.

Fig. 2: Processus de restitution des couronnes.

Fig. 2: Processo di renderizzazione delle corone.

### Wipfel

Für die Darstellung wurden Codes verwendet, die im Programm Octave implementiert sind. Ein Wolkenpunkt wird als Wipfel festgelegt, wenn in einem festgelegten Radius kein anderer Punkt höher liegt. Der Radius ist proportional zur Höhe des Baumes. Diese Höhe wird auf der Grundlage der digitalen Modelle (Terrain-, Baumkronen- und Höhenmodell) ermittelt, die vorab berechnet wurden. Ein Algorithmus ermöglicht es dann, jedem Wipfel die entsprechenden LiDAR-Wolkenpunkte zuzuweisen. Die beiden erzielten Ergebnisse sind eine Wolke, deren Punkte entsprechend ihrer Zugehörigkeit gefärbt sind, sowie die 3D-Position der Wipfel.

### Kronen

Die Darstellung der Kronen erfolgt mithilfe einer FME-Routine auf der Grundlage der gefärbten Punktwolke, die bei der Ermittlung der Wipfel entstand. Die Wolke wird zunächst unterteilt und anschliessend gemäss den Farben der Wipfel gefiltert. Die einzelnen Wolken werden dann in Raster-Grids von 50 cm umgewandelt. Abschliessend werden die äusseren Zellen der einzelnen Bäume miteinander verbunden und dann pro Segment von maximal 20 cm geglättet. Der Vorteil dieses Vorgehens ist, dass die Kronen entsprechend ihrer tatsächlichen Form dargestellt werden.

### Stämme

Die in Octave implementierten Codes ermöglichen die Darstellung der Stämme.

Sie stützen sich auf einen einfachen Grundsatz: Die Dichte der Vegetationspunkte ist in der Nähe eines Stammes höher. Auf diese Weise können wir die Lage aller Stämme und ihre Höhe bestimmen. Die Geländehöhe wird durch Interpolation auf dem DTM berechnet.

### c. Prüfung der Segmentierung

Wir haben eine zweite unabhängige Erkennungsmethode verwendet: die manuelle Segmentierung. Diese manuelle Erkennungsmethode wurde mit der automatischen Methode verglichen. Die Prüfung der Wipfel hat zufriedenstellende Ergebnisse geliefert. Die Analyse für die Stämme hingegen ist komplizierter. Aufgrund der Erfassungsmethode (LiDAR) liegt es auf der Hand, dass gewisse Informationen über das Unterholz verloren gingen. Diese müssen folglich mit einer terrestrischen Aufnahme ergänzt werden. Die Kronen werden mit einem MNC<sup>(6)</sup> verglichen. Ihre Geometrien sind im Grossen und Ganzen winkeltreu.

## 2. Analysen

In diesem Schritt werden drei Ziele verfolgt:

1. die Auswirkungen der Passerelle auf die Bäume prüfen
2. die Höhe der Passerelle beurteilen
3. die Lage der Passerelle unter Berücksichtigung der verschiedenen in der Einleitung beschriebenen Ziele beurteilen

Die Lage und die Grösse der Passerelle sind nun bekannt. Bevor wir mit den Analysen begonnen haben, haben wir die Höhe der Passerelle durch Interpolation mit dem DTM berechnet.

### a. Folgenabschätzung

#### Stamm

Diese Analyse wird es ermöglichen, die Anzahl Bäume zu bestimmen, die vom Bau der Passerelle betroffen sind (betroffen oder gefällt). Alle Berechnungen wurden mit Excel durchgeführt. Alle Stämme, die sich in der Pufferzone von 2 m um die Passerelle befinden, werden selektiert. Die Höhe der einzelnen Bäume wird vom Bodenabstand der Passerelle subtrahiert. Die Differenz zwischen der Höhe der Passerelle und der Höhe des Stammes ergibt den Umfang der Fällung. Der Umfang der Fällung kann in Form eines Prozentsatzes mit der Höhe des Stammes in Beziehung gesetzt werden. Wenn über 30% der Höhe des Stammes entfernt werden, gilt dieser als gefällt.

#### Krone

Alle Punkte in der Pufferzone wurden beibehalten. Es wurde die gleiche Routine wie für die Segmentierung angewandt. Auf diese Weise können wir die Kronen bestimmen, die vom Projekt betroffen sind.

### b. Beurteilung der Höhe

Die Höhe der Wipfel unterhalb der Passerelle wurde mit der Höhe der Passerelle verglichen. Um ein möglichst realistisches

Bild zu zeichnen, haben wir eine zusätzliche Höhe hinzugefügt, um die Augenhöhe eines Spaziergängers zu erreichen. Alle Wipfel, die höher als die Augenhöhe sind, würden die Sicht behindern, falls die Passerelle gebaut würde (nachstehend: «kritische Wipfel»).

Wir haben auch das Wachstum der Bäume der nächsten fünf Jahre berücksichtigt und die gleichen Berechnungen durchgeführt. Auf diese Weise kann die Entwicklung der Vegetation ab Datenerfassung vorweggenommen werden (nachstehend: «Wipfel, die in den nächsten fünf Jahren kritisch werden»).

### c. Beurteilung der Position

Die Analysen haben folgende Ergebnisse geliefert:

Gefällte Stämme: 30

Gefällte Kronen: 17

Veränderte Kronen: 23

Kritische Wipfel: 22

Wipfel, die in den nächsten fünf Jahren kritisch werden: 9

### d. Auswertung der Analysen

Für die Auswertung der Ergebnisse müssen einige Vorkehrungen getroffen und die Herkunft der Daten sowie die verwendete Methode berücksichtigt werden.

Die Wipfel werden mit verschiedenen Methoden geprüft. Das Ergebnis kann als

verlässlich betrachtet werden. Wie die Abbildung 3 zeigt, behindern die kritischen Wipfel die Sicht nicht. Die Tabelle 1 zeigt, dass die Wipfel, die in den nächsten fünf Jahren kritisch werden, keine grossen Auswirkungen auf das Panorama haben werden.

Die Auswertung bei den Stämmen hingegen ist anspruchsvoller. Hier muss auch der Teil der Stämme im Unterholz berücksichtigt werden. Diese Daten werden mit einer terrestrischen Aufnahme ergänzt.

## 3. Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Ausblick

Das 3D-Modell mit der in ihre Umgebung eingebetteten Passerelle konnte auf der Grundlage der Ergebnisse der einzelnen Schritte umgesetzt werden. Es gibt zahlreiche Verbesserungsmöglichkeiten. Diese werden nach dem Ermessen des Vereins geprüft.

Die verschiedenen Analysen sind verlässlich und werden eine schnelle Aktualisierung der Ergebnisse ermöglichen, wenn die Daten einmal mit einer terrestrischen Aufnahme ergänzt sein werden.

Abschliessend und um die einleitende Frage zu beantworten, können die Ziele erreicht werden. Wir werden allerdings nicht umhinkommen, einige Bäume zu fällen. Nichtsdestotrotz wurde die Passe-

relle so entworfen, dass sie sich bestmöglich in die Umgebung einfügt.

Eine Visualisierung des 3D-Modells ist unter folgendem Link abrufbar: [www.centre-du-valais.ch](http://www.centre-du-valais.ch).

### Anmerkungen:

(1) AVECEV: «Association pour la Valorisation et l'Exploitation du Centre d'Équilibre du Valais», Verein zur Aufwertung und Erschliessung des Mittelpunkts des Wallis

(2) LiDAR: Light Detection And Ranging (Fernmesstechnik, die sich auf die Analyse der Eigenschaften eines Lichtstrahls stützt, der von einem Objekt reflektiert wird.

(3) ASPRS-Standard (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing): Standardklassifizierung einer LiDAR-Punktwolke.

(4) DTM: digitales Terrainmodell

(5) IDW: IDW-Interpolation (Inverse Distance Weighted). Sie ermittelt den Zellenwert mit einer linear gewichteten Kombination verschiedener Referenzpunkte.

(6) MNC: «Modèle Numérique de la Canopée», digitales Baumkronenmodell

Julien Brunner

Geomatiktechniker FA

Ingénieurs et Géomètres Elzingre SA

Route de Chippis 44

CH-3966 Chalais

[julien.brunner@elzingre.ch](mailto:julien.brunner@elzingre.ch)

---

*J. Brunner*

---

Les objectifs sont:

1. la création d'un point d'observation
2. un impact minimal sur le paysage
3. une construction high-tech regroupant le savoir-faire local

Les deux premiers points sont cruciaux pour le projet. Une mauvaise restitution des arbres pourrait se traduire par un échec lors de la construction. Le travail présenté ici va donc se concentrer sur la restitution des arbres, avec pour seule base un relevé LiDAR<sup>(2)</sup> et de créer toutes les analyses qui permettront de définir si les objectifs sont atteints ou non. Est-il possible de créer un

# Modélisation d'une maquette sur la base de données LiDAR et intégration d'un projet 3D

Le centre d'équilibre du Valais est connu. Il a été calculé dans les années 2000 par un technicien de la région, avec l'appui de swisstopo. Situé en pleine forêt, proche de St-Luc, ce point est représenté par un totem, orné du drapeau valaisan. L'AVECEV<sup>(1)</sup> a pour projet la valorisation de ce lieu en construisant une passerelle gravitant autour du centre.