

Pilot teilautomatisierte Bruchkantenauswertung einer photogrammetrisch erstellten Punktwolke des Dammbauwerkes des HRB Wolterdingen

Auftraggeber:
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz
Baden-Württemberg (LUBW)
Griesbachstraße 1
76185 Karlsruhe

Werkvertrag Bestell.-Nr. 4500450931/41
Aktenzeichen 13-0415.1

Innsbruck März 2016

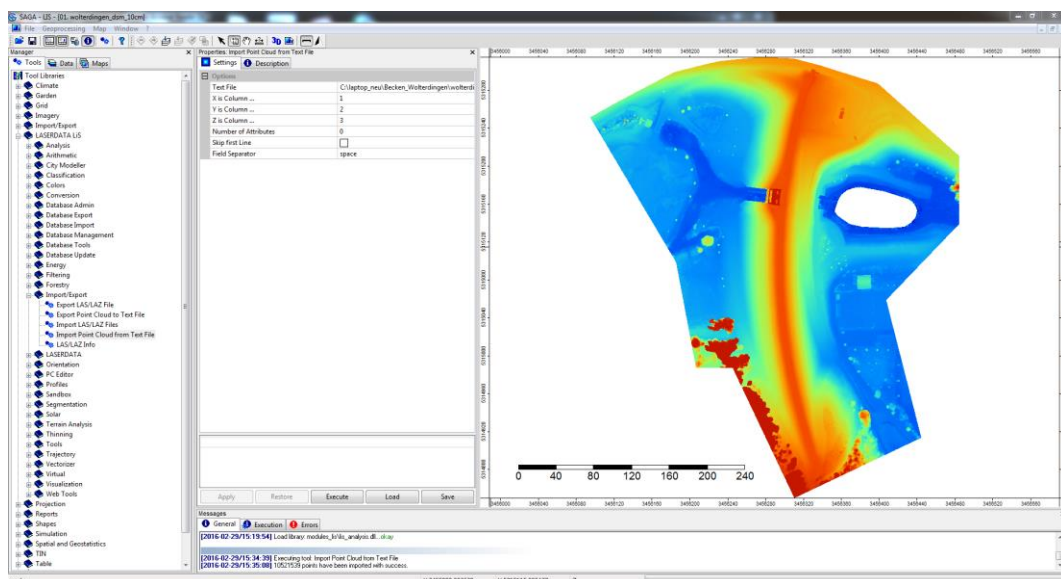
1. Dokumentation der Arbeitsschritte inkl. Zeitaufwand

Vom Auftraggeber wurden folgende Dateien übergeben:

- Wolterdingen_dsm_10cm.xyz (photogrammetrische Punktwolke)
- Abbildung einer Schummerungsansicht des Oberflächenmodells
- Beispiel Originalphoto

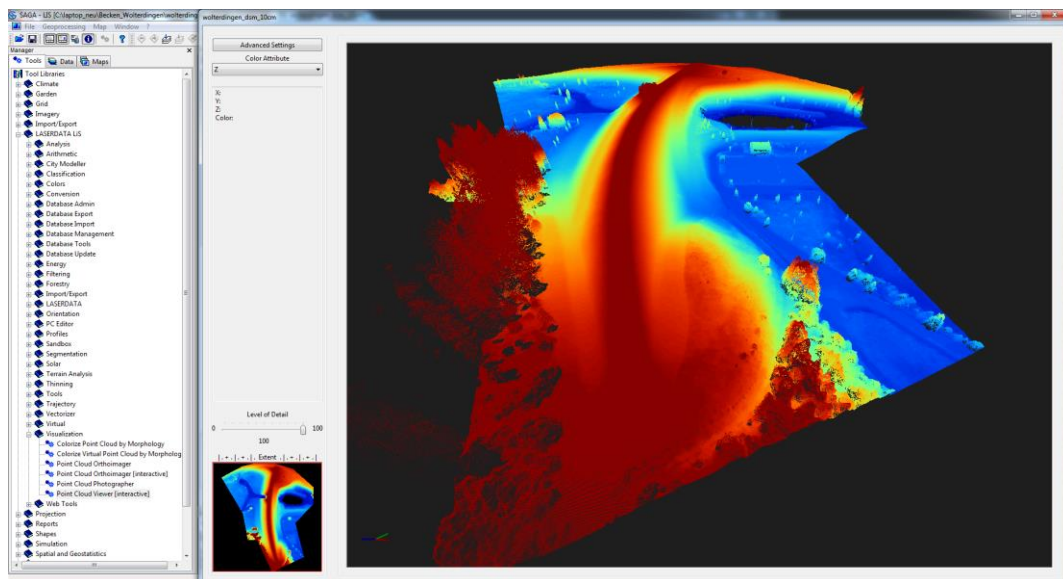
Prozessierungslaptop: Prozessor: Intel® Core™ i7-4700MQ CPU@2.40 GHz; RAM: 16GB, Windows7 64 Bit-Betriebssystem

Import der photogrammetrischen Punktwolke in die firmeneigene Laserdata LIS Software (Importzeit 40 sec):



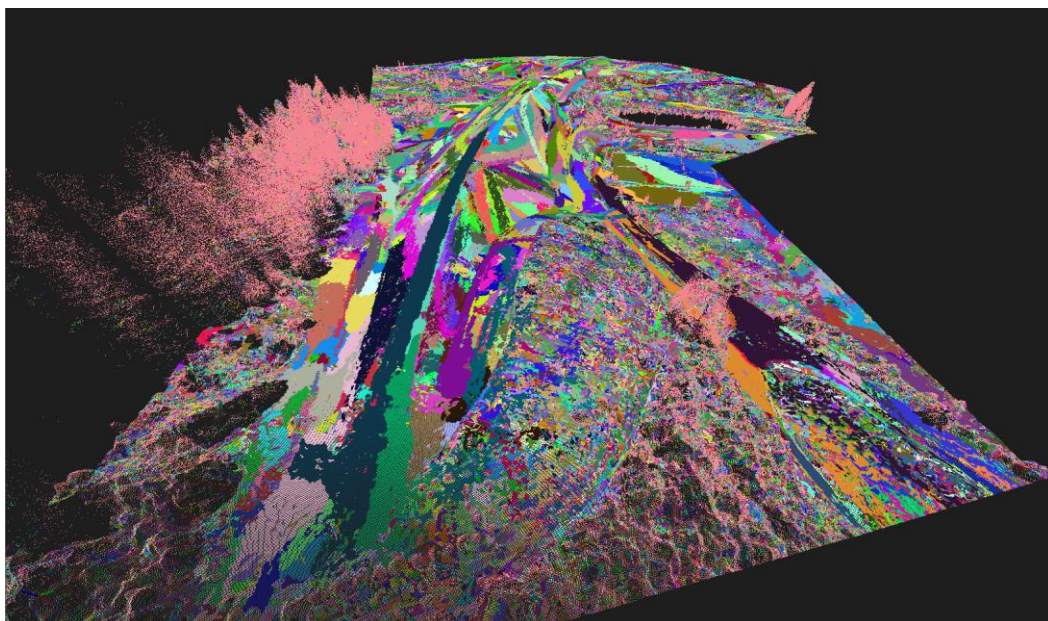
Die Punktwolke umfasst die Attribute x,y,z und eine Punktzahl von 10.521.539 Punkten. Es handelt sich regelmäßige Punktverteilung mit einem Punktabstand von 10cm und der importierte Datensatz wird im SAGA Point cloud Format .spc abgespeichert.

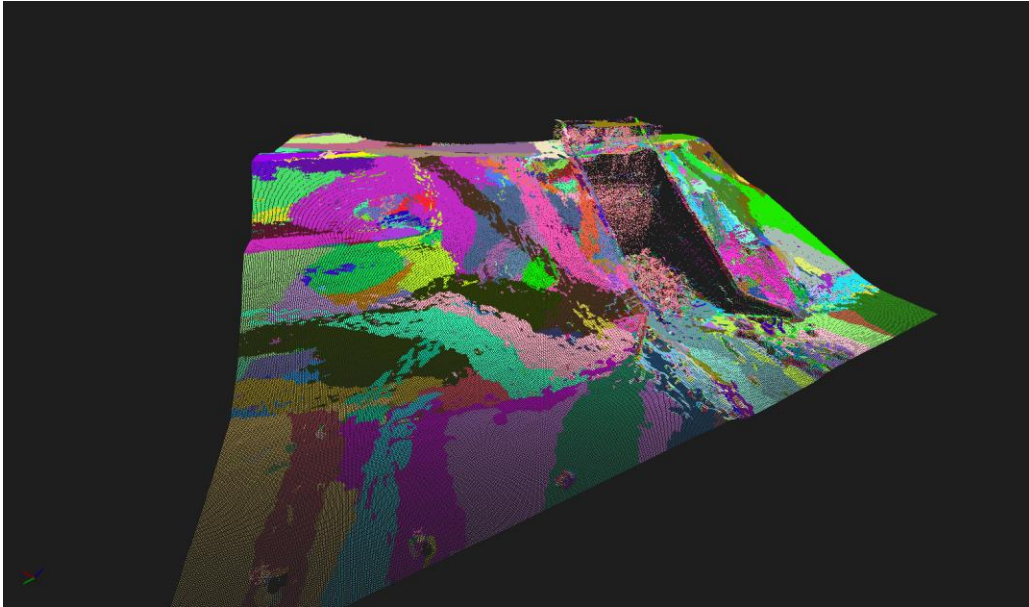
Visualisierung Punktwolke HRB Wolterdingen mit Höhengcolorierung.im LIS 3D Viewer:



Segmentierung der Punktwolke über Ebeneneinpassung (Rechenzeit 4 min):

Dieser Schritt berechnet für jeden Punkt in der lokalen Nachbarschaft eine „best-fit“ Ebene. Alle Punkte mit derselben Ebenenorientierung werden im Folgenden über ein region growing-Verfahren gruppiert. Das Wachsen der Segmente wird über die Parameter maximale Normalentoleranz (erlaubte Normalen-Winkeldifferenz) und maximaler Ebenenoffset gesteuert. Die Segmentierung ist ein vorbereitender Schritt zur Klassifikation der Punkte.

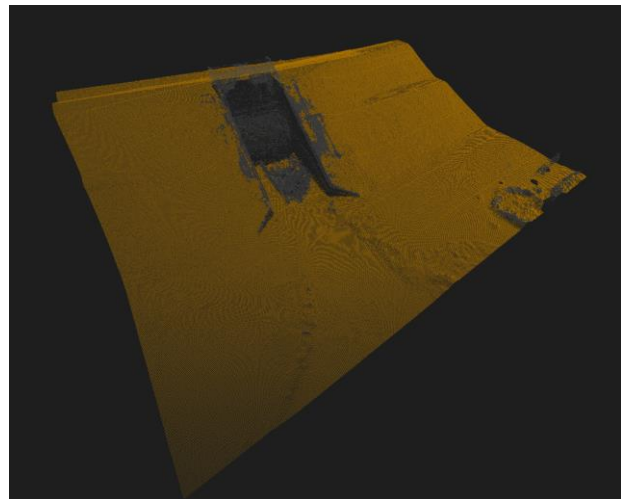
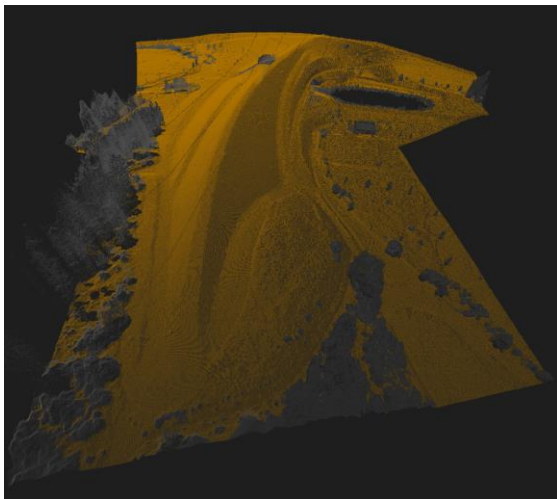




Der zufallseingefärbten Abbildungen zeigen, dass Ebenen auf den Bodenflächen und Dächern von Bauten gefunden werden. Im Bereich von Vegetation, Senkrechten oder unruhigen Oberflächen ist keine Ebene einpassbar.

Bodenklassifikation (Rechenzeit: 1min 40 sec):

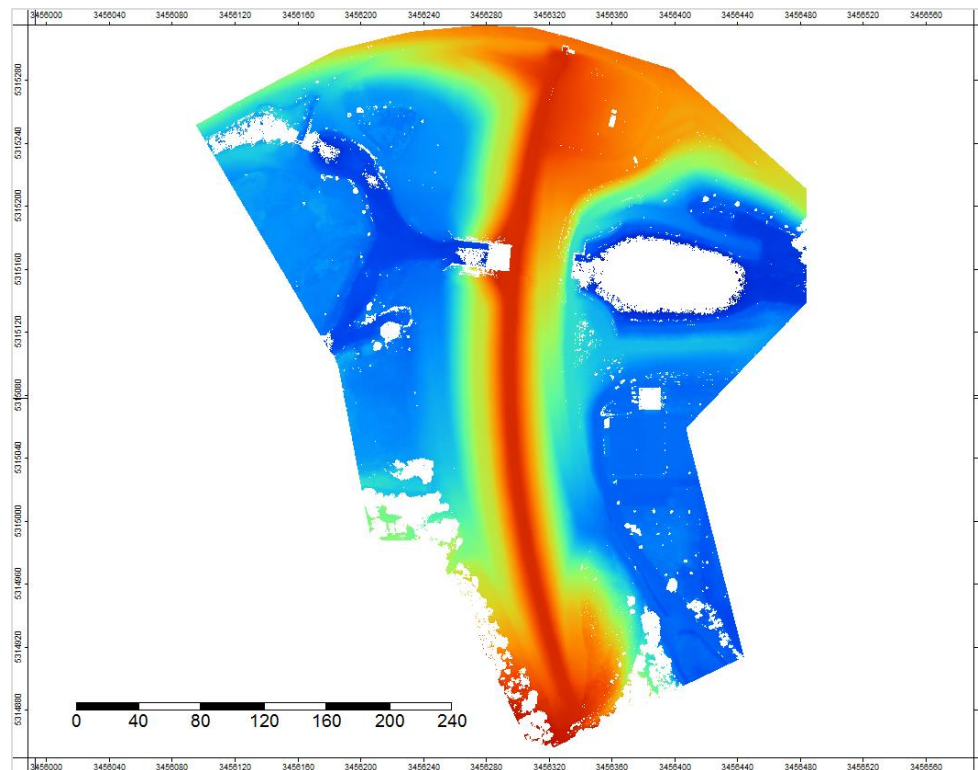
Die Separierung aller Punkte in Boden- und Nichtbodenpunkte (Vegetation, Gebäude, große Steine, sehr raue Oberflächen) wurde über das ground classification Werkzeug in LIS bewerkstelligt. Die Klassifikation erfolgt über eine progressive TIN-Verdichtung. Die Berechnung selbst beginnt über die Bestimmung von Saatbodenpunkten als niedrigste Punkte eines virtuellen groben Rasters, welches sukzessive immer besser aufgelöst wird (bis zur Größe der Objekte, welche nicht mehr in der Klasse Boden enthalten sein dürfen – zumeist Häuser). Der TIN-Verdichtungsprozess wird über maximal erlaubte Winkel und Distanzen von potentiell neu hinzukommenden Punkten sowie über maximale Kantenlängen gesteuert. Die TIN-Verdichtung erfolgt solange, bis keine neuen Punkte mehr gefunden werden, welche die Bodenkriterien erfüllen. Weiters wird die Segmentierung des vorhergehenden Schrittes genutzt, welche ganze Punktsegmente, die einen Bodenpunkt enthalten in Bodenpunkte umlabelt. So werden Bodenpunkte (ockerfarben) insbesondere entlang von steilen Brüchen innerhalb des Geländes erhalten.



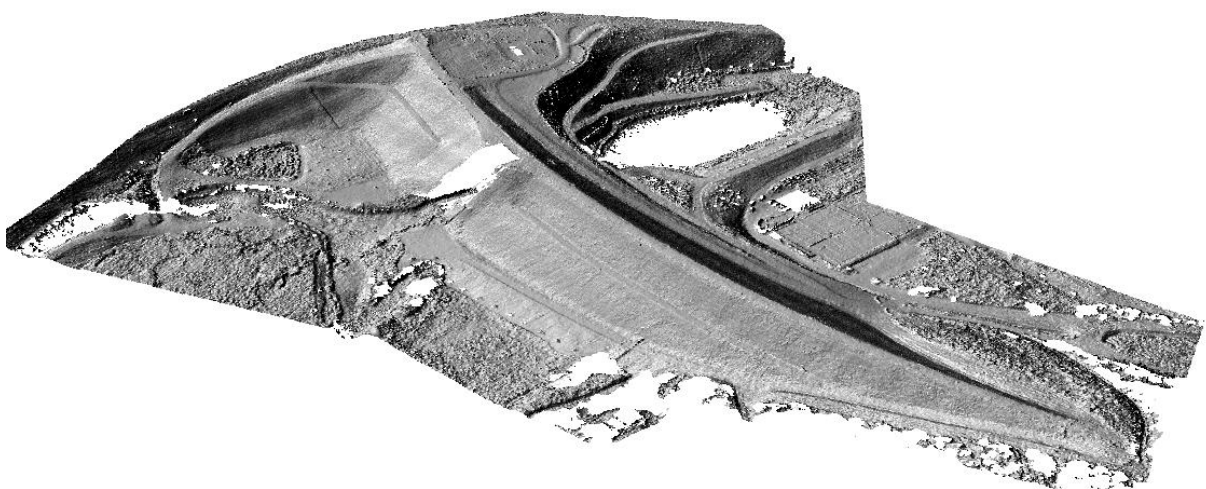
In 79 Iterationen wurden so 91,91 Prozent automatisch in Bodenpunkte (ockerfarben) klassifiziert.

Berechnung eines Bodenrasters aus den Bodenpunkten (Rechenzeit: 6 sec):

Aus den klassifizierten Bodenpunkten wurde ein Bodenraster mit einer Zellweite von 10 cm erstellt. Die Punktwolke wurde über die Aggregierungsmethode Minimum in ein Rastergeländemodell mit 3891 Zeilen (x) und 4647 Spalten (y) übergeführt.



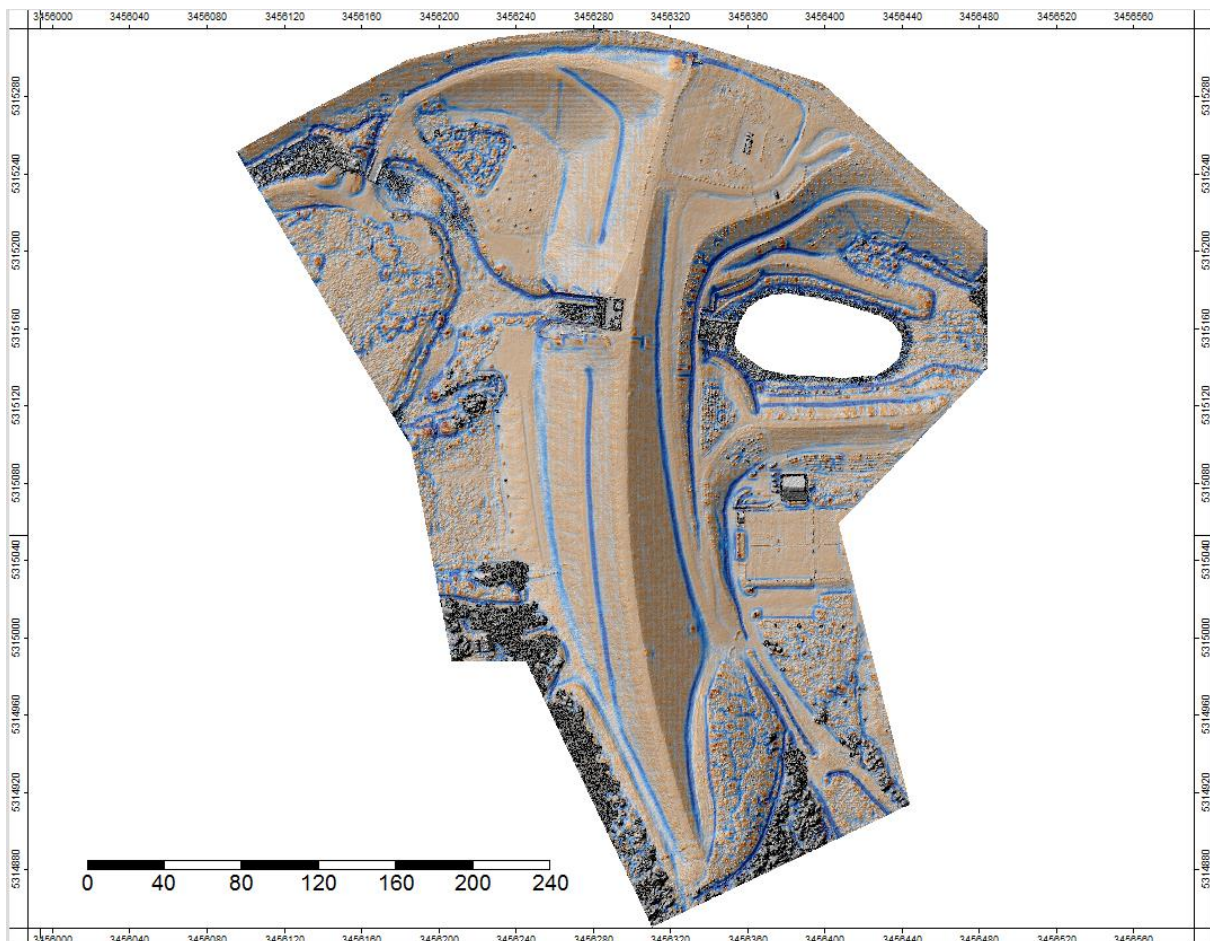
Weiters wurde ein zugehöriges Shaded Relief des DGM erstellt (anbei in 3D Darstellung).



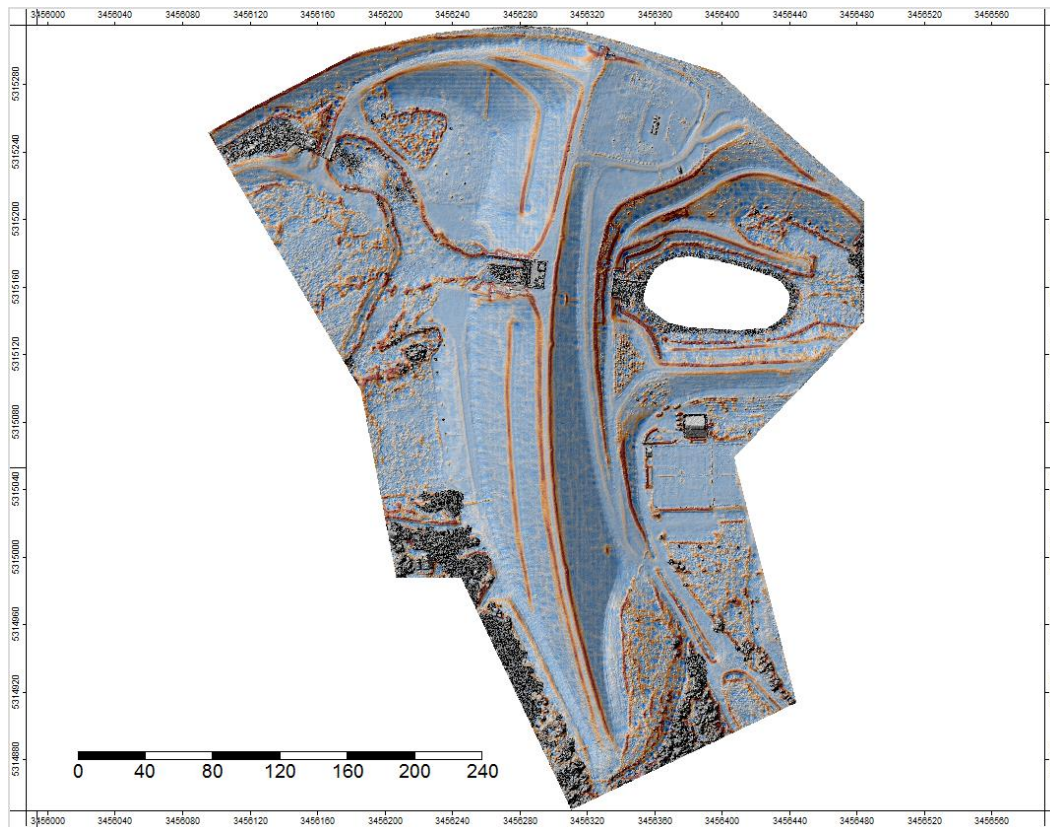
Berechnung der Bruchkanten für das Bodenraster (Rechenzeit: 10 min):

Das angewandte Verfahren erlaubt eine Bruchkantenableitung (terrain breaklines) auf Basis von der Berechnung von gerasterten Minimum- und Maximumkurvaturen bei einem nutzerdefinierten „Scale“. Eingangsdatensatz ist das im vorangegangenen Schritt erzeugte Minimumgrid (DGM). Über die Minimum-Kurvatur werden konvexe Bruchkanten abgeleitet, über die Maximum-Kurvatur die konkaven Bruchkanten. Die Ausgabe ist ein 3D-Shapefile der Bruchkanten mit einem Klassenattribut für konvex und konkav. Optional kann das 3D-Shapefile geglättet werden. Der Skalenradius bestimmt das Analysefenster bei der Kurvaturberechnung. Je breiter der Skalenradius gewählt wird, umso breiter ist das Analysefenster bei der rasterbasierten Kurvaturberechnung. Ein weiterer Steuerparameter ist ein nutzerdefinierter Kurvatur-Schwellwert. Je niedriger dieser gesetzt wird, desto detaillierter und feingliedriger sind die erhaltenen Bruchkanten. Diese werden aus den über den Schwellwert liegenden gerasterten Kurvaturbereichen über Skeletonisierungsverfahren auf eine Zentrallinie fokussiert, vektorisiert, geglättet und mit den Höhen des Minimumgrids versehen.

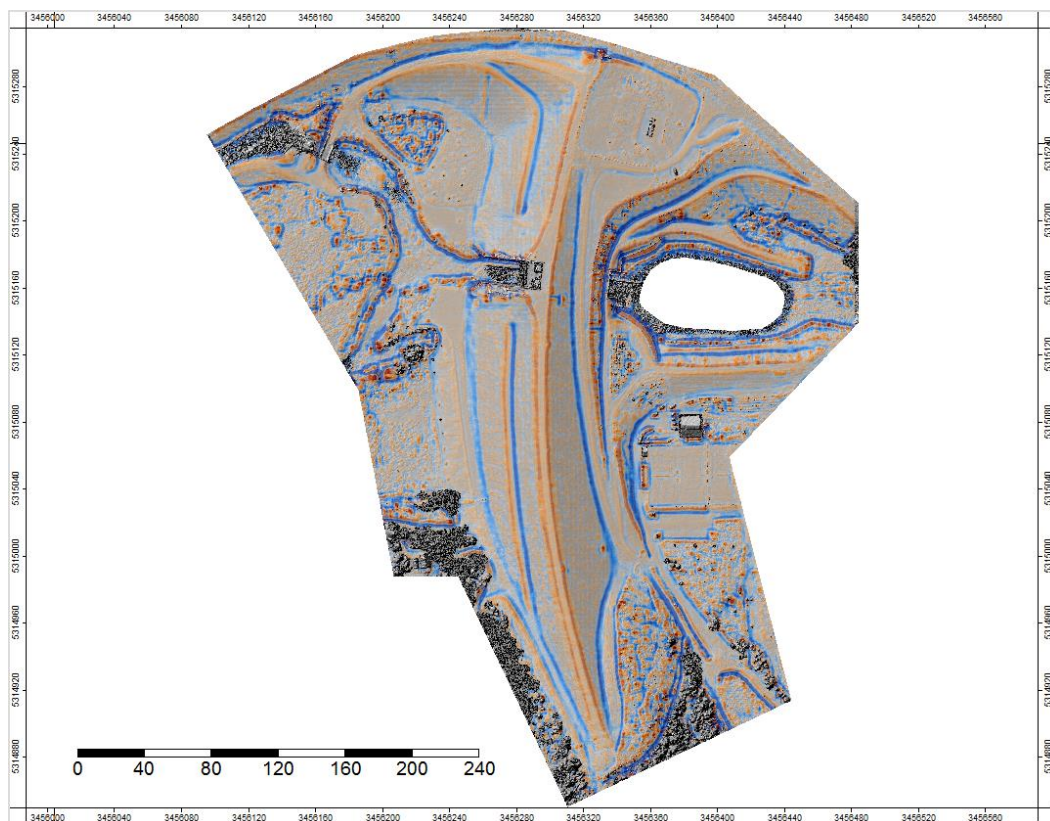
Minimum Kurvaturgrid mit konvexen Bereichen in blau



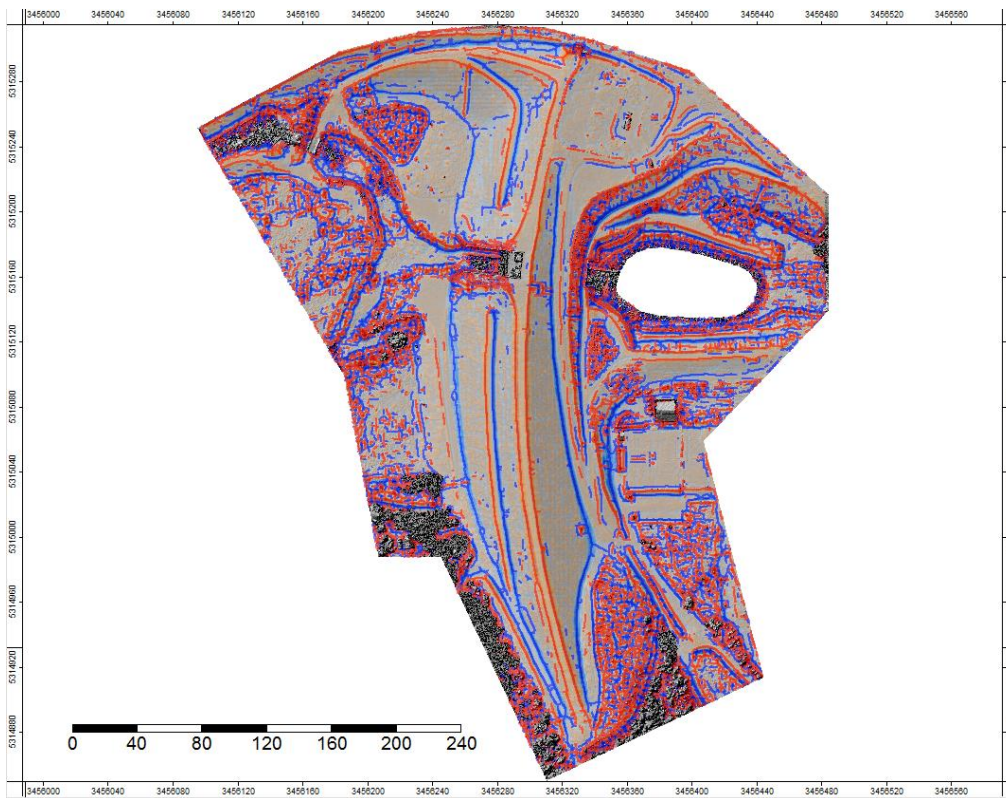
Maximum-Kurvaturgrid mit konkaven Bereichen in braun:



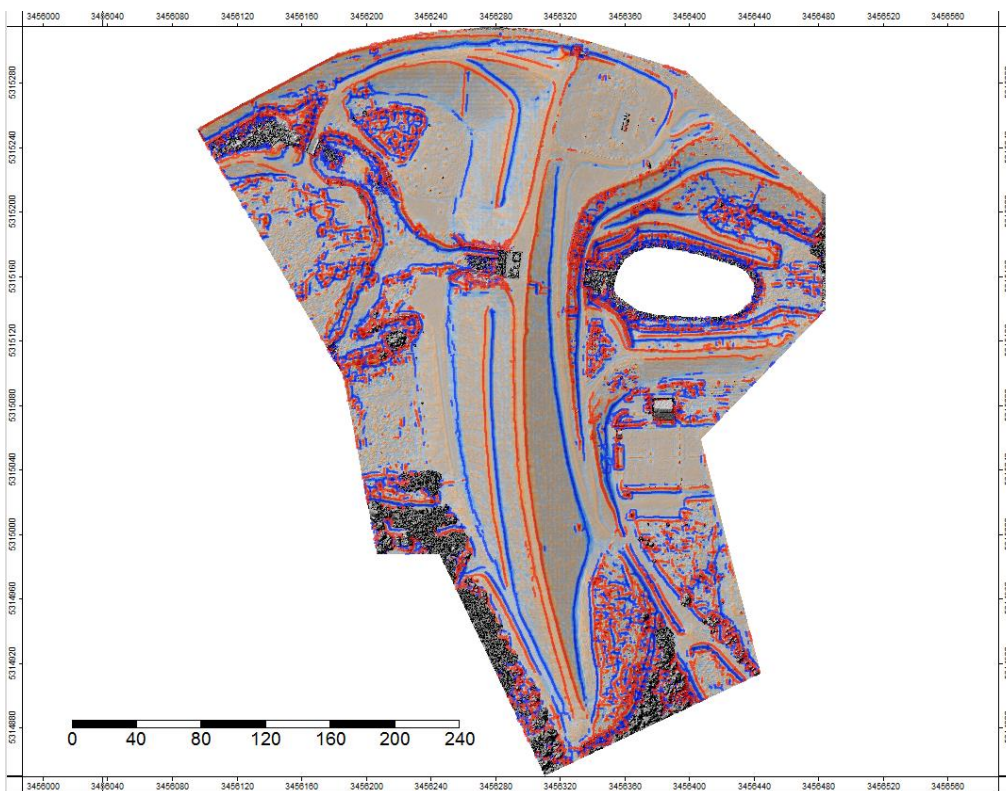
Überlagerte Darstellung Minimum-Maximum:



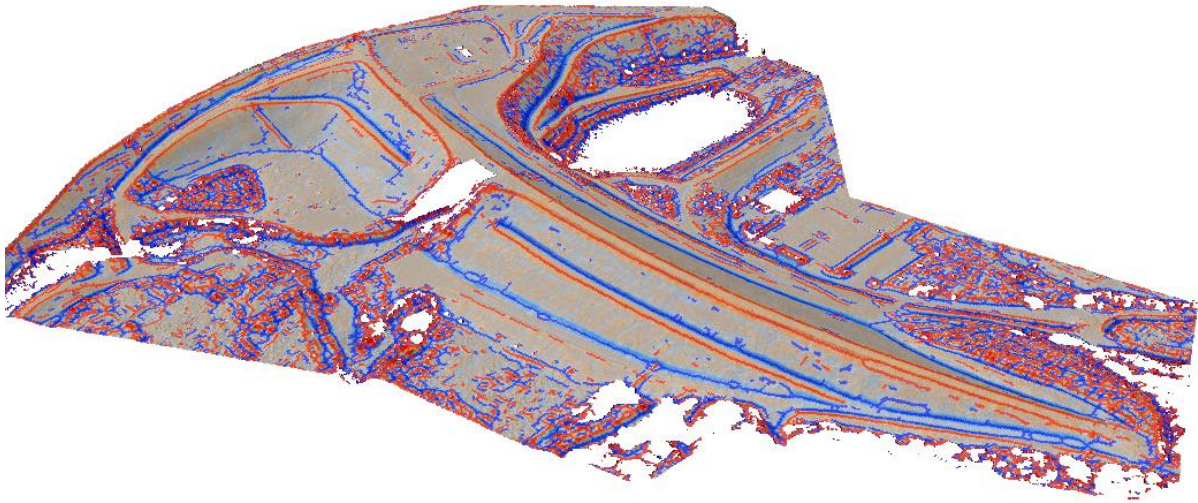
Skeletonisierte und geglättete Bruchkanten bei niedrigem Kurvaturschwelligwert (0.04) und Skalenradius 20 Gridzellen (= 2m) entsprechend einem hohen Detaillierungsgrad



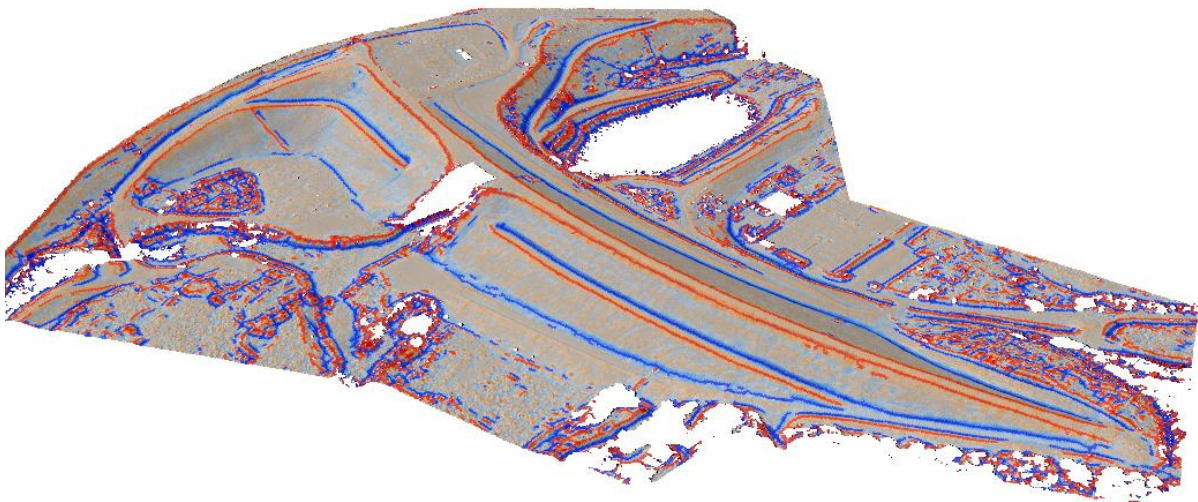
Skeletonisierte und geglättete Bruchkanten bei höherem Kurvaturschwelligwert (0.07) und Skalenradius 20 Gridzellen (= 2m) entsprechend einem niedrigen Detaillierungsgrad



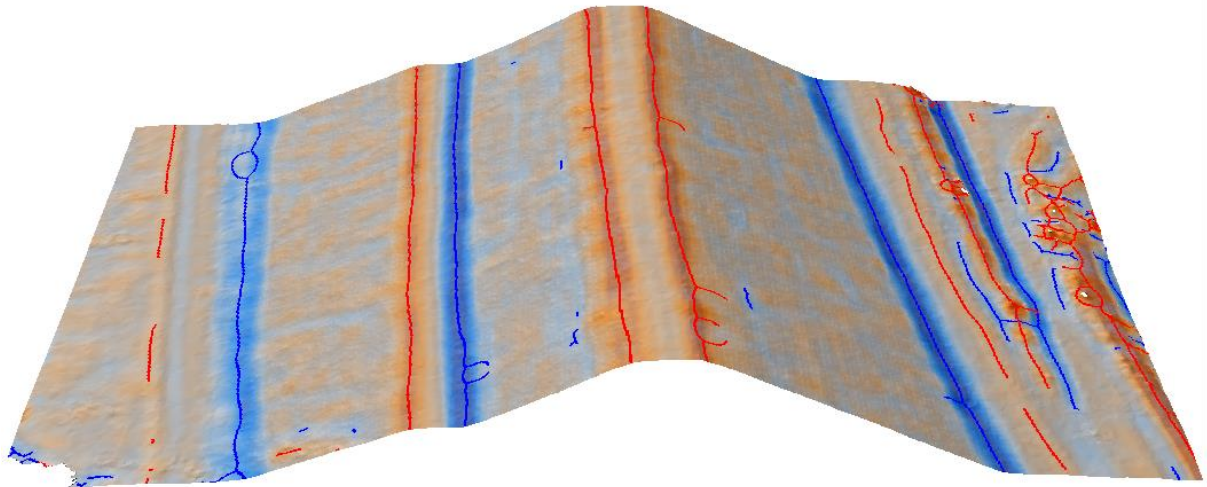
3D View: Skeletonisierte und geglättete Bruchkanten bei niedrigem Krümmungsschwellwert (0.04) und Skalradius 20 Gitterzellen (= 2m) entsprechend einem höheren Detaillierungsgrad:



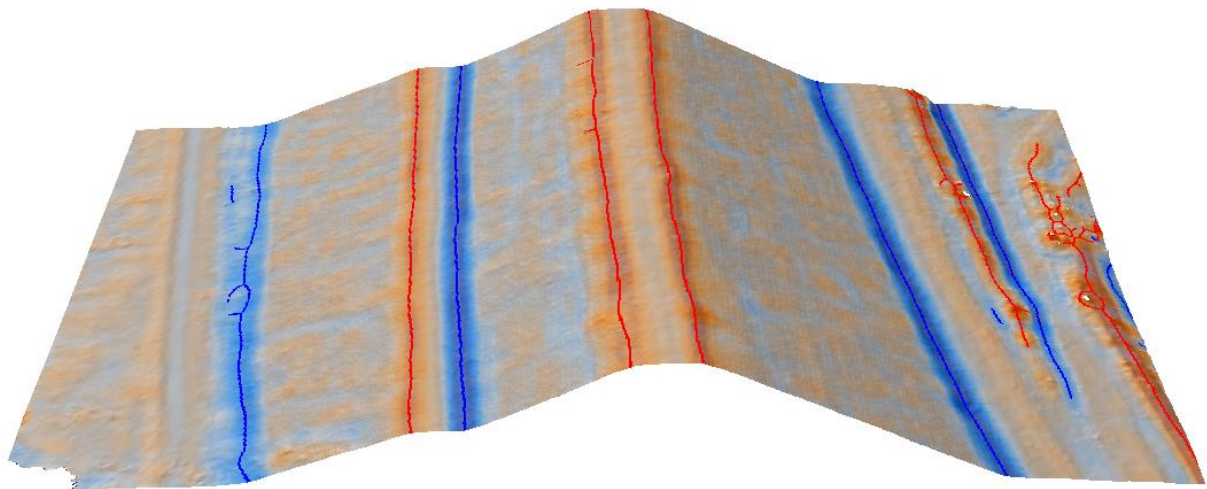
3D View: Skeletonisierte und geglättete Bruchkanten bei höherem Krümmungsschwellwert (0.07) und Skalradius 20 Gitterzellen (= 2m) entsprechend einem niedrigeren Detaillierungsgrad:



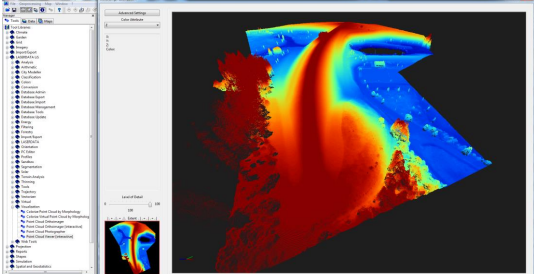
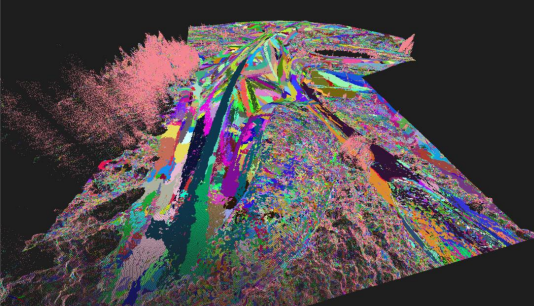
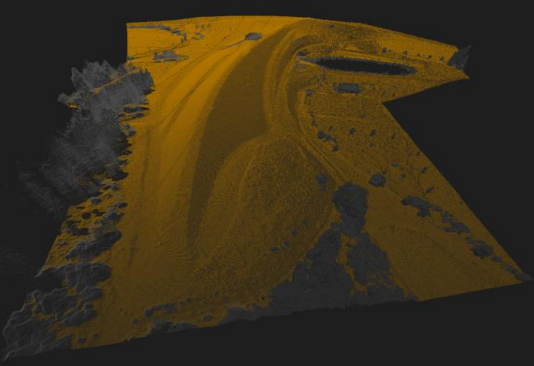

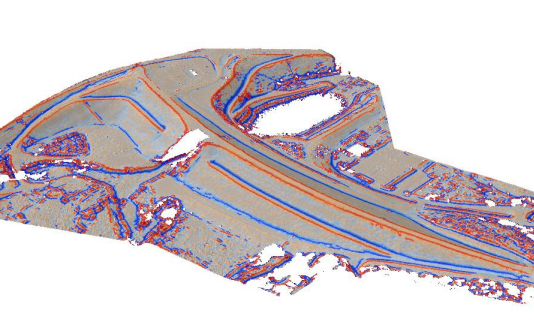
3D View-Detail: Skeletonisierte und geglättete Bruchkanten bei niedrigem Kurvatureschwellwert (0.04) und Skalenradius 20 Gridzellen (= 2m) entsprechend einem höheren Detaillierungsgrad:



3D View: Skeletonisierte und geglättete Bruchkanten bei höherem Kurvatureschwellwert (0.07) und Skalenradius 20 Gridzellen (= 2m) entsprechend einem niedrigeren Detaillierungsgrad:



Zusammenfassung der Prozessierungskette

Bearbeitungsschritt	Abbildung	Software / Zeitaufwand
<p><i>Import der photogrammetrischen Punktwolke</i></p>		<p>Laserdata LIS</p> <p>40 sec</p>
<p><i>Segmentierung der Punktwolke über Ebeneneinpassung</i></p>		<p>Laserdata LIS</p> <p>4min</p>
<p><i>Bodenklassifikation</i></p>		<p>Laserdata LIS</p> <p>1min 40 sec</p>
<p><i>Berechnung des Bodenraster aus den Bodenpunkten</i></p>		<p>Laserdata LIS</p> <p>6 sec</p>
<p><i>Berechnung der Bruchkanten für das Bodenraster</i></p>		<p>Laserdata LIS</p> <p>10 min</p>

2. Abschätzung des Einsparpotenzials durch weitere Automatisierungsschritte

Die oben geschilderten Arbeitsschritte sind in der Graphischen Benutzeroberfläche des freien Open Source GIS SAGA mit der kommerziellen Erweiterung LIS von Laserdata getätigt worden. Bei der Erstbearbeitung des Projektes nimmt insbesondere die Parametereinstellung der Module Zeit in Anspruch, da sie auf den vorgegebenen Datensatz adaptiert werden muss. Dies betrifft insbesondere die Arbeitsschritte der Punktwolkensegmentierung und –klassifikation, sowie die im Kern zu bearbeitende Bruchkantenableitung. Abhängigkeiten bestehen für die ersten beiden Punkte vom Datentyp (photogrammetrische Punktwolke oder Laserscan und daran geknüpft eine nicht gegebene oder gegebene Vegetationsdurchdringung) sowie deren Punktdichte und –homogenität. Für die Bruchkantenableitung wurden weiters vielfache Modulläufe mit variierenden Kurvaturschwellwerten und Skalenradien vorgenommen, bis die Vorzugseinstellungen eruiert waren. Das Modul zur Bruchkantenableitung ist ein Metamodul in welchem 7 Einzelschritte in ein Gesamtmodul zusammengeführt wurden. Hier hat sich eine Eignung über die Auswahl eines kleinen Gebietssubsets zeitlich als vorteilhaft erwiesen. Die angewandten Algorithmen sind so weit wie möglich hinsichtlich eines parallel processing optimiert worden.

Weitere Einsparungspotenziale ergeben sich nach Durchführung dieser Arbeiten der optimierten Parameterdefinition hinsichtlich einer Übertragung auf andere Gebiete und Datensätze durch entsprechende Automatisierungsprozesse. Die durchgeführten Arbeitsschritte sind voll automatisierbar über Bash/Batch/Phyton-Scripting unter GNU/Linux bzw. Windows. Alternativ können die Arbeitsschritte über einen Model Builder in einer xml-basierten Prozesskette (Toolchain) abgebildet werden. In allen Fällen werden zeitlich sämtliche Interaktivitäten hinsichtlich der Datensatzangabe und Parametereinstellung eingespart. Zudem kann definiert werden, ob Zwischenergebnisse aus den einzelnen Arbeitsschritten nur temporär angelegt oder abgespeichert werden. Hinsichtlich der Eingabe- und Ergebnisdatensätze können Verzeichnisse inkl. Datenformattypen bestimmt werden, welche sich bei einer Massendatenverarbeitung noch durch ausgereifte Namenskonventionen praktisch gestalten lassen. Weiters sind bei Massendatenverarbeitungsprozessen noch Vorteile eines Tiling-Verfahrens zur Datenstückelung unter Berücksichtigung von Überlappungsbereichen implementierbar.