



Airbourne Laserscanning (ALS) in Kombination mit terrestrischer Vermessung

Christian Punz – rmDATA Datenverarbeitungs GmbH

- when it has to be right

Leica
Geosystems

Inhalt

Motivation

Charakteristik von ALS - Daten

Charakteristik von terrestrischen Daten

Probleme bei der Zusammenführung

Lösungsvorschläge

Conclusio

Motivation

Seit einigen Jahren: Laserscanning (speziell ALS) als neue Datenerfassung etabliert und brachte dem „Fachgebiet“ DGM neue Chancen aber auch Probleme

- Möglichkeit in „kurzer“ Zeit, große Datenmengen zu erfassen und großflächige detaillierte DGMe abzuleiten
- Herausforderung: die großen Datenmengen sinnvoll zu nutzen

Laserscanning alleine ist jedoch z.B. für Bauprojekte oft nicht genau genug

- Mit GNSS oder Tachymetrie erfasste Daten können die ALS Daten in Bereichen, die von besonderem Interesse sind, oft sinnvoll ergänzen. (Bruchkanten, Profile oder auch flächenhafte Aufnahmen)

Die Kombination der beiden Datenarten ist oft nicht direkt möglich

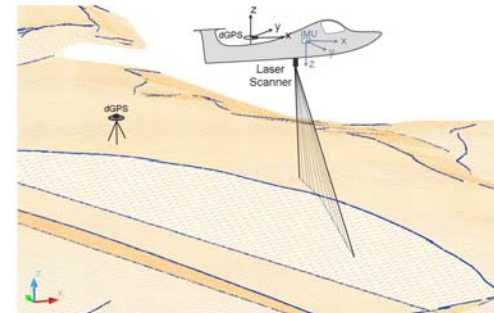
- Unterschiedliche Genauigkeit der Messverfahren
- Unterschiede bei der Georeferenzierung
- Unterschiedliche Anforderungen bei der Verarbeitung in einer DGM – bzw. Planerstellungsoftware

Motivation

Ziel: Daten für eine gemeinsame Weiterverarbeitung aufbereiten und zusammenführen

- Nutzung der Vorteile beider Datenarten
- Ergänzung von linienhaften Daten (Bruchkanten, Profile) durch die flächige Information der ALS Daten
- Verwendung beider Datenarten in einer Software

Charakteristik von ALS Daten



Hohe Datendichte

- 1 Punkt / m² ist heute keine Besonderheit mehr

Flächige Datenverteilung

- Gleichmäßige Verteilung der Messpunkte (mehr oder weniger) unabhängig von den topographischen Gegebenheiten

Keine direkte Erfassung von Geländekanten und charakteristischen Einzelpunkten

- Messsystem nimmt keine Rücksicht auf Geländekanten, die aber für eine Modellierung des Geländes von besonderer Bedeutung sind

Hohe Redundanz der Daten

- Eine Ebene ist definiert durch 3 Punkte. Zwischenpunkte bringen keine zusätzliche Information.

Große Datenmengen

- Selbst für relativ kleine Gebiete ergibt sich noch eine sehr große Anzahl von Punkten

Mittlere Genauigkeit

- Normalerweise: dm – Bereich

Speicherung und Weiterverarbeitung meist rein geometrisch ohne zusätzliche Attribute

Charakteristik von „klassisch“ erfassten Daten

Vergleichsweise geringe Datendichte

- Datendichte hängt von den topographischen Gegebenheiten ab

Erfassung von Geländeprofilen

- Häufig wird für Trassierungsplanungen das Projektgebiet auch profilartig aufgenommen

Erfassung von Geländekanten und charakteristischen Punkten

- Es wird gezielt das erfasst, was für die spätere Modellierung notwendig ist
- Erfassung hängt von der Einschätzung und Erfahrung des Messenden ab

Hohe Genauigkeit

- Normalerweise: cm – Bereich

Erfassung, Speicherung und später Visualisierung der Linien – und Punktdaten oft mit zusätzlichen Attributen (Bezeichnung, Typ,...) notwendig

Probleme bei der Zusammenführung

ALS – Datenmengen sind oft zu groß für DGM – Software mit Planerstellungsschwerpunkt

- Möglichst freie Konfigurierbarkeit bzgl. Darstellung einzelner Punkte und Punktklassen
- Umfassende Protokollierung von Arbeitsschritten und Zwischenergebnissen für die Qualitätskontrolle von Berechnungsergebnissen

Unterschiedliche Genauigkeit verhindert einfache „Überlagerungen“ der Daten

- Ohne Anpassung → Unstetigkeiten und Widersprüche an den Übergangs – und Überlappungsbereichen der Daten
- Daten mit geringerer Genauigkeit sollen durch die genaueren Daten verbessert werden, ohne die „guten“ Daten zu verschlechtern

Lösungsvorschlag

ALS – Datenmengen unter Ausnutzung der hohen Datenredundanz reduzieren

- Geländerepräsentation durch viele Punkte → charakteristische Punkte + Bruchkanten
 - Automatische Detektion von Bruchkanten in den Originaldaten
 - Ausdünnung der Originaldaten → nur das verwenden, was Information bringt

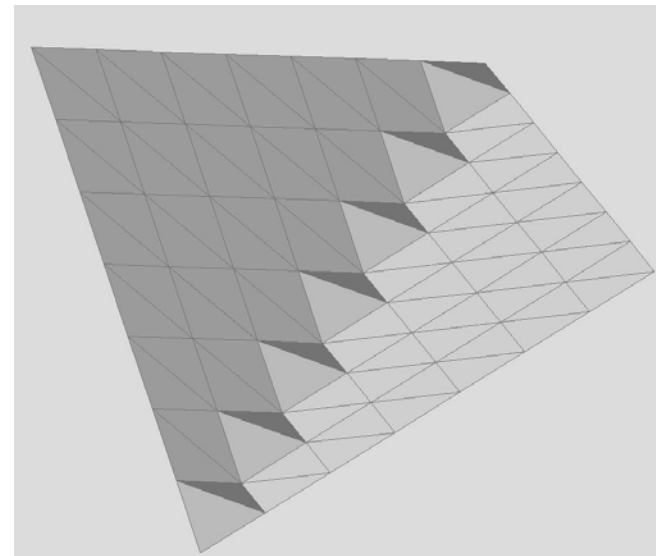
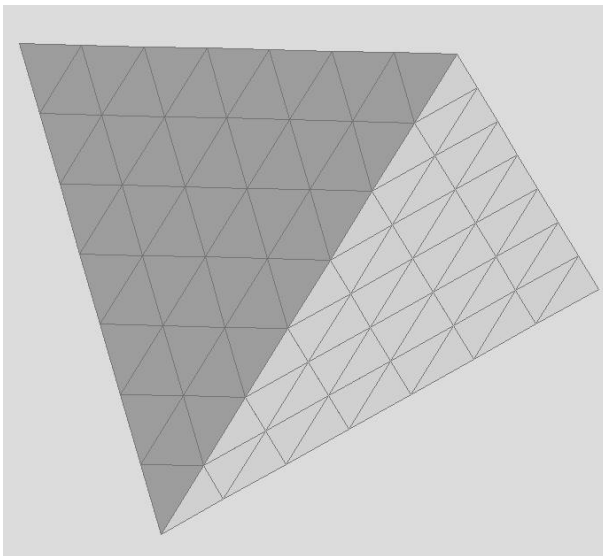
Zusammenführen der reduzierten ALS – Daten mit den terrestrischen Daten

- Transformation über Passpunkte, falls identifizierbar
- Daten „matchen“ falls keine Passpunkte vorhanden sind

Automatische Bruchkantendetektion

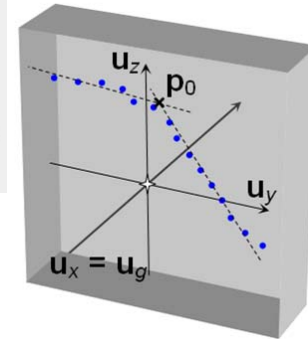
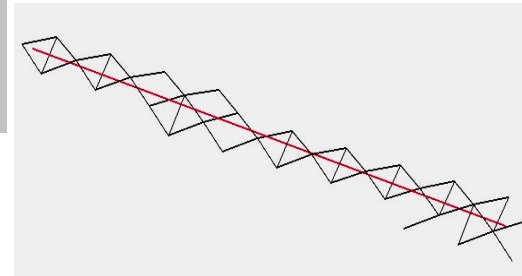
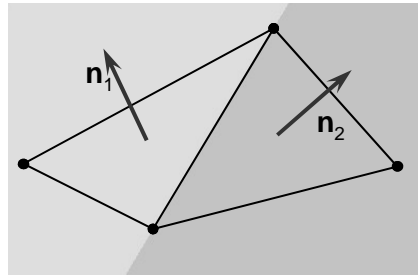
Algorithmus entwickelt von rmDATA gemeinsam mit Institut für Navigation, Universität – Stuttgart

- Definition:
„**Eine Bruchkante ist eine Unterbrechung des kontinuierlichen Verlaufs einer Oberfläche.**“
Quelle: <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/>
- Ziel: Automatische Extraktion von Bruchkanten aus ALS – Daten



TIN (Triangulated irregular Network) mit und ohne vorgegebene Bruchkanten

Automatische Bruchkantendetektion

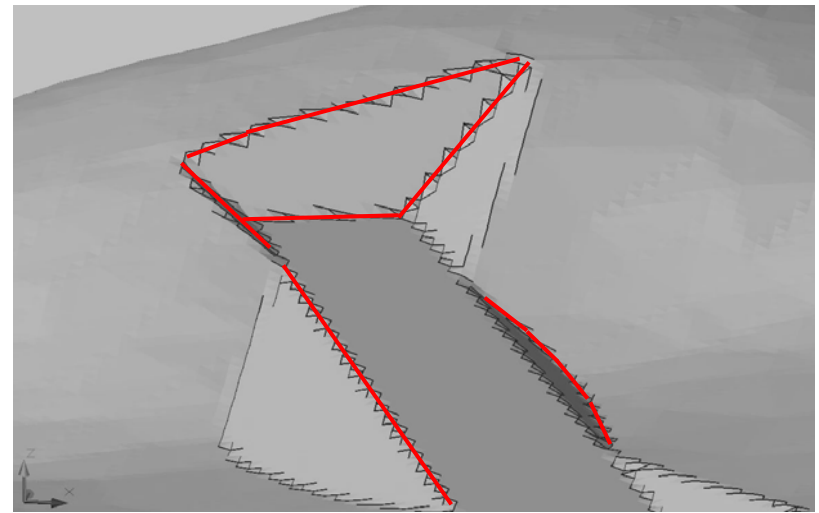
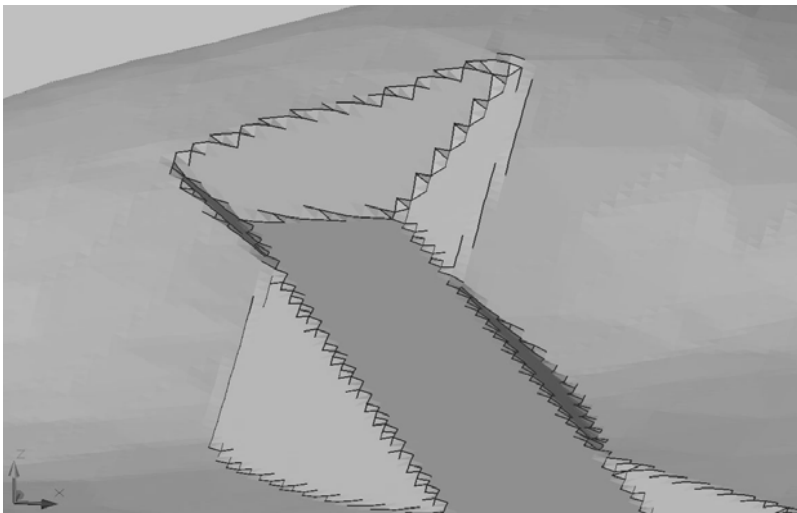


Algorithmus

- Filterung der relevanten Dreieckseiten (Einschränkung des Suchbereichs)
- Lineare Regression (Näherungswerte der Bruchkanten)
- Optimierung mit Scheibenelementen (endgültige Berechnung)

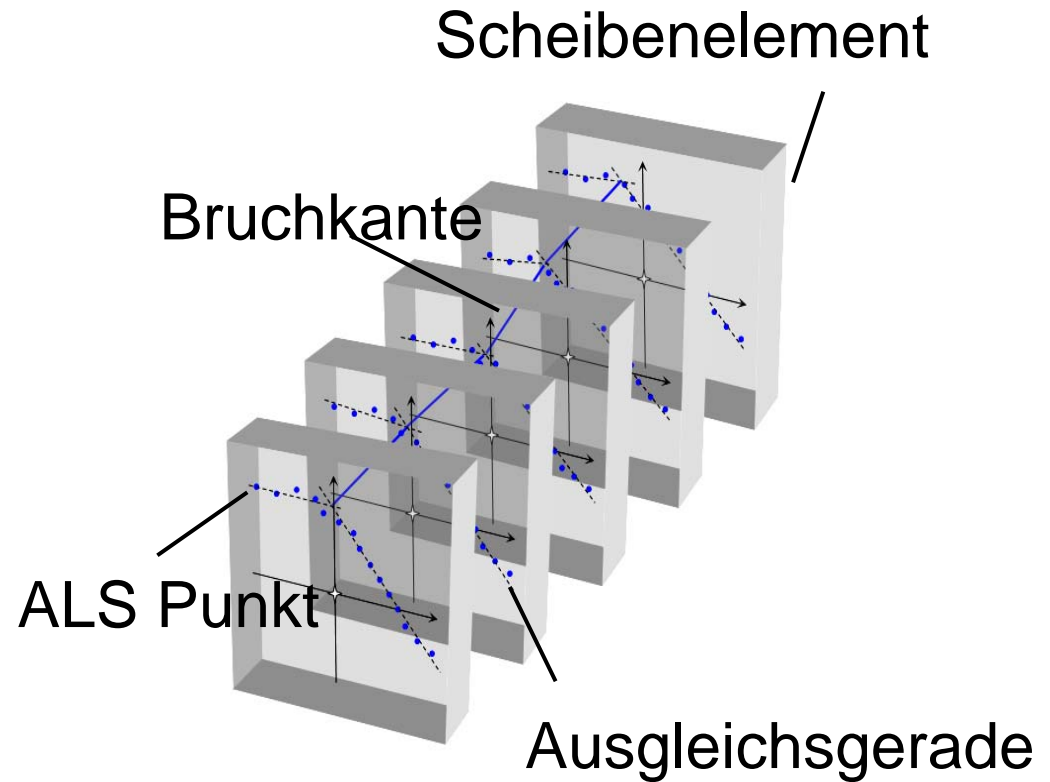
Automatische Bruchkantendetektion

- „Wachstums – Algorithmus“ über die ausgefilterten Dreieckskanten schränkt die Suchbereiche für Bruchkanten ein
- „Zusammengehörende“ Bereiche werden durch lineare Regression (Ausgleichsgerade) abstrahiert
- Lineare Regression liefert Näherungswerte für die Optimierung und somit für die Bruchkanten



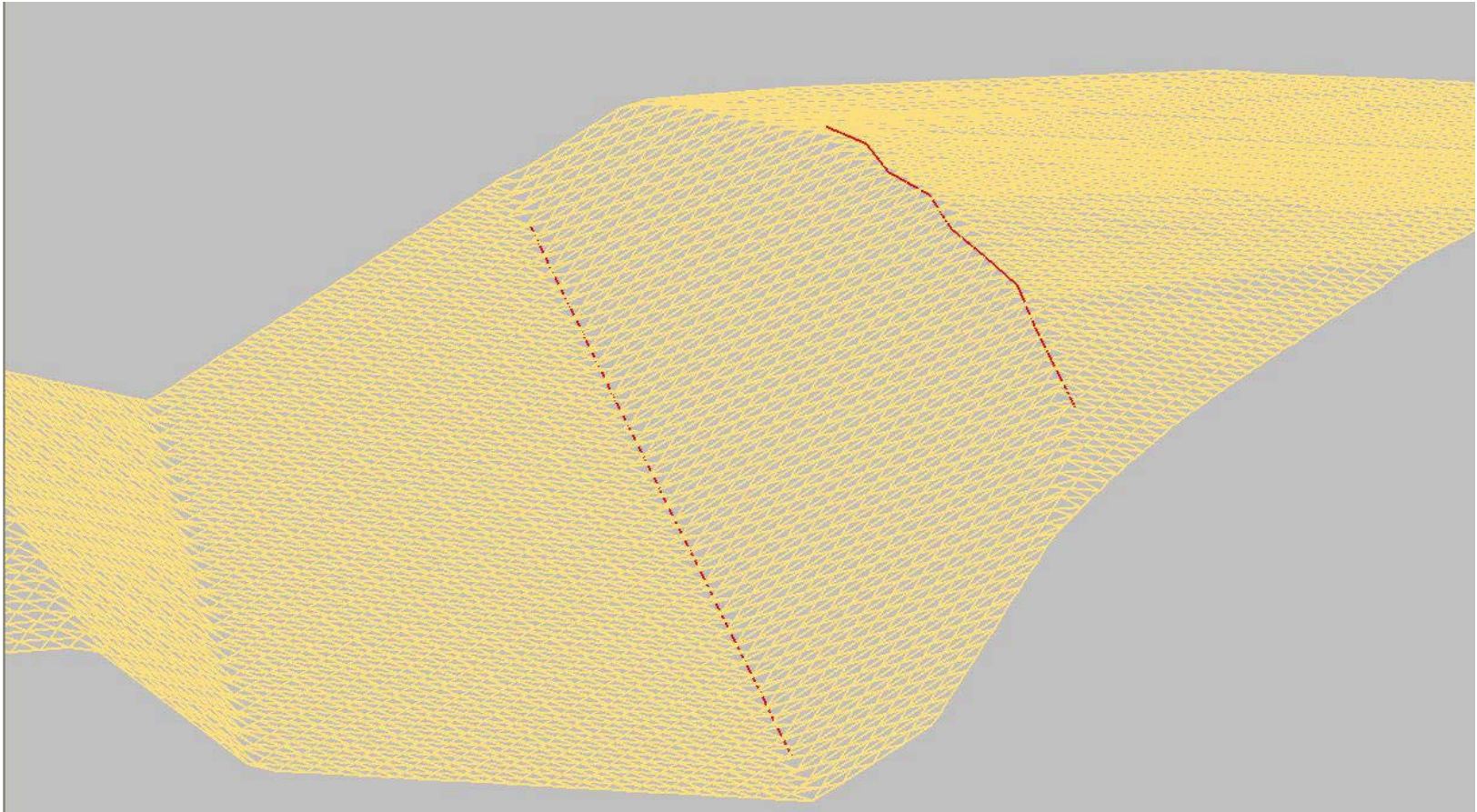
Automatische Bruchkantendetektion

- Scheibenelemente normal zur Ausgleichsgeraden (lineare Regression)
- Originalpunkte für jedes Scheibenelement suchen
- Schnitt von 2 Ausgleichsgeraden am Scheibenelement liefert einen Punkt der Bruchkante
- Bruchkante ist die Verbindung der so bestimmten Schnittpunkte



Automatische Kantendetektion

Ergebnis



Punktausdünnung

Adaptive TIN Verdichtung

- Ausgehend von einer einfachen Triangulierung z.B. aus Bruchkanten und wenigen Punkten werden zusätzliche Punkte dort eingefügt, wo das Gelände noch nicht ausreichend beschrieben wird.
- Sehr sinnvoll, wenn bereits Kanteninformation vorhanden ist oder schon eine gute „Näherungstriangulierung“ erstellt werden kann.
- Vorteil: Starke Datenreduktion unter Einhaltung von vorgegebenen Toleranzen möglich
- Nachteil: Performance sehr stark von der „Näherungstriangulierung“ abhängig

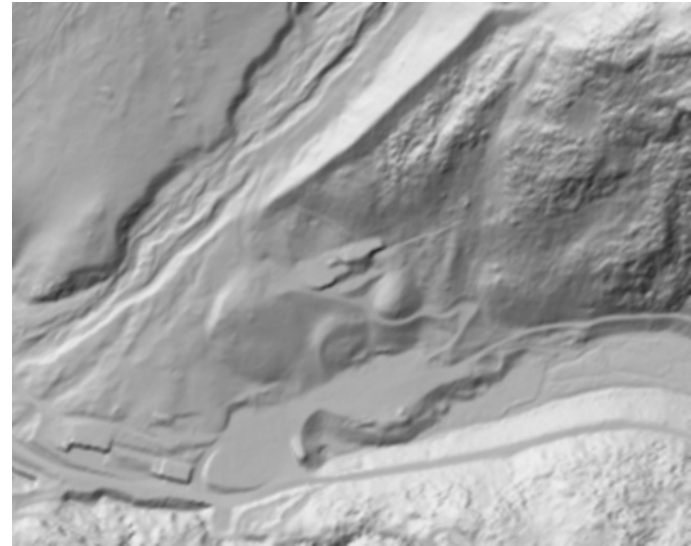
Hierarchische Unterteilung (Briese und Kraus 2003)

- Für Punktraster geeignet
- Ausgehend von einem sehr groben Raster wird für einzelne Rasterzellen so lange ein feineres Raster eingezogen, bis an allen Punkten ein vorgegebenes Kriterium erfüllt ist.
- Vorteil: sehr schnell und effizient
- Nachteil:
 - Weniger starke Datenreduktion möglich
 - Toleranzen können nicht überall exakt eingehalten werden

Punktausdünnung

Beispiel ALS – Daten

- Punktabstand 1 m
- Angenommener mittlerer Höhenfehler +/- 15 - 20 cm

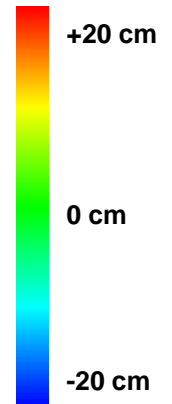
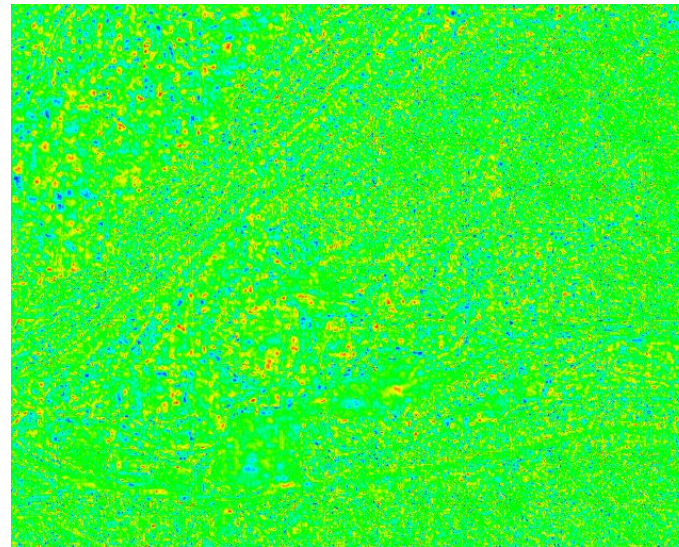
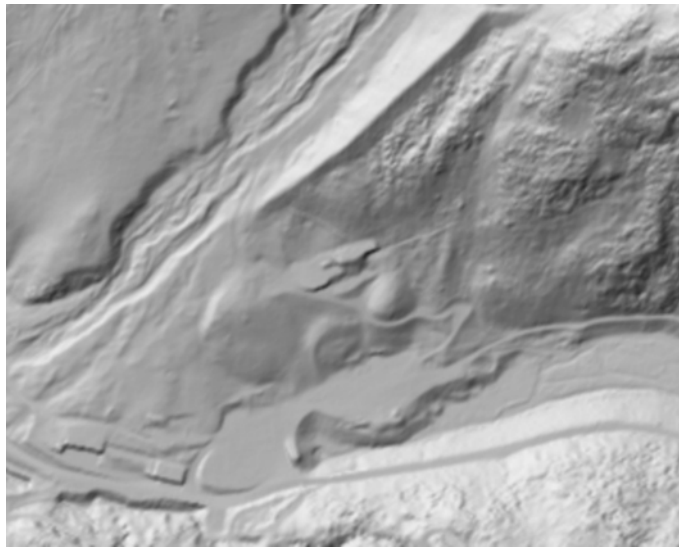


Originaldaten	Toleranz	Red. Daten	Reduktion	Methode
ca. 315.000	20 cm	ca. 61.800	ca. 80 %	Adaptive TIN - Verdichtung
ca. 315.000	20 cm	ca. 145.800	ca. 54 %	Hierarchische Unterteilung

Punktausdünnung

Ergebnis der adaptiven TIN – Verdichtung

- Hohe Datenreduktion (80 %)
- Vorgegebene Toleranzen (20 cm) konnten überall eingehalten werden
- Mittelwert: -0.1 cm
- RMS: +/- 6.7 cm



DTM – Matching

Anwendungen

- Zusammenführung gleichwertiger Geländemodelle mit Überlappungsbereich
- Zusammenführen von flächigen Modellen (ALS) mit linienhaften Daten (Bruchkanten, Profile)
- Zusammenführen von flächigen Modellen (ALS) geringerer Genauigkeit mit flächigen Daten höherer Genauigkeit (Tachymetrie, GNSS)

Probleme

- Meist keine korrespondierenden Punkte (Passpunkte) → keine direkte Berechnung von Transformationsparametern möglich
- Verschlechterung der meist genaueren terrestrischen Daten muss verhindert werden
- Auf den verhältnismäßig kleinen Bereich der terrestrischen Daten berechnete Anpassungsparameter dürfen nicht global auf die ALS – Daten angewendet werden

DTM - Matching

Gemeinsames Projekt mit dem Institut für Navigation, Universität Stuttgart

- Ziel: DGM – Software als „Datenintegrator“ für Daten unterschiedlichster Art, Herkunft und Qualität
- Anwendung von LSM – Methoden (least squares matching) für diese Problematik (keine Passpunkte notwendig)
- Keine ungewollten Unstetigkeiten an den Übergangsbereichen
- Keine globale Auswirkung von lokal begrenzt berechneten Anpassungen
- Daten sollen „verschmolzen“ werden und nicht nur Teilbereiche ersetzen
 - Beispiel: flächige Information von ALS – Daten kann wichtige ergänzende Information zu linienhaften Profilen liefern

Conclusio

Gemeinsame Nutzung von ALS – Daten und terrestrischen Messungen wird immer wichtiger

Unterschiedliche Charakteristik der Daten verhindert oder schränkt zumindest die gemeinsame Nutzung oftmals ein

Aufbereitung der ALS – Daten vor der gemeinsamen Nutzung ist notwendig

- um in einer Planerstellungsoftware sinnvoll arbeiten zu können
- die Stärken der unterschiedlichen Datenarten bestmöglich auch gemeinsam zu nutzen