

PHOTOGRAMMETRISCHE ABLEITUNG VON 3D-PUNKTWOLKEN FÜR MONITORINGAUFGABEN

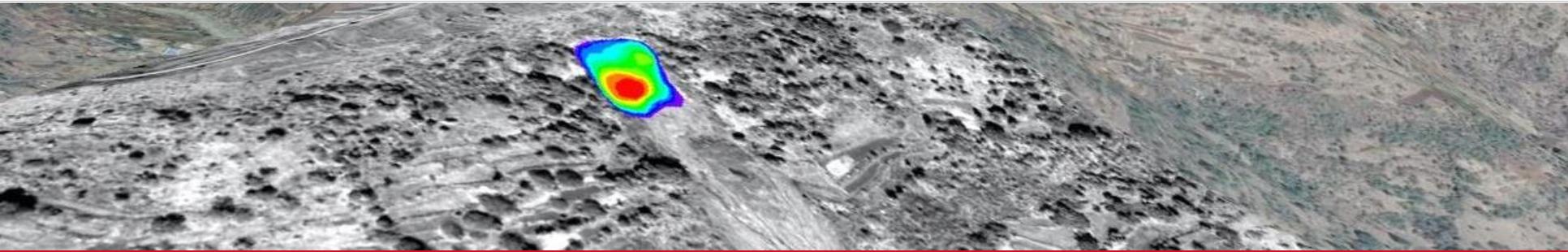
THOMAS BAHR & NICOLAI HOLZER

Arbeitskreis Fernerkundung

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 29./30. September 2016

HARRIS.COM | [#HARRISCORP](https://twitter.com/HARRISCORP)





MOTIVATION

Geländeinformationen in Form von digitalen Höhenmodellen sind wichtige Ergänzungen für zahlreiche fernerkundliche Monitoringaufgaben.

SRTM-DEM

Datenakquisition 2000, 30 m horizontale Auflösung, global, frei verfügbar.

WorldDEM™

Datenakquisition 2010-2013, 12 m horizontale Auflösung, global, kostenpflichtig.

LiDAR-DEMs

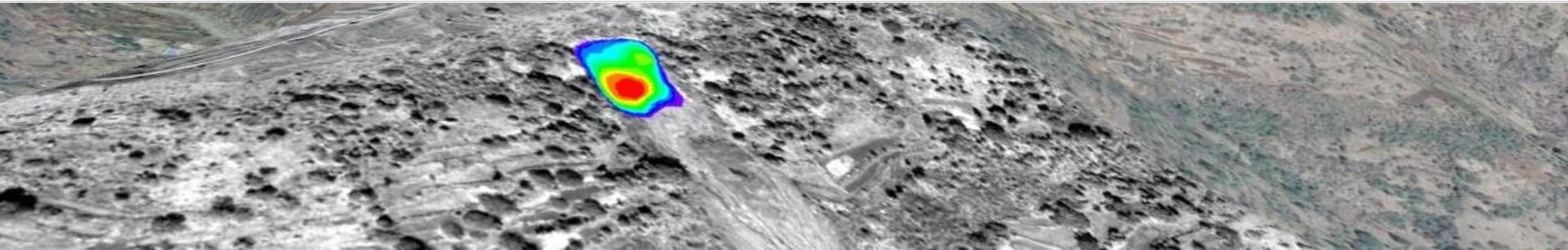
Zeitnah, hohe Punktdichte, lokal, kostenintensiv.

Alternativ:

Photogrammetrische Ableitung von 3D-Punktwolken aus

- Stereo-Satellitenbilddaten ⇒ Fallstudie „Erdrutsch in Maharashtra/Indien“
- Luftbildern aus UAV-Befliegungen ⇒ Fallstudie „Bergbau in Goa/Indien“

Tagesaktuell oder aus Archivmaterial, mittlere bis hohe Punktdichte, lokal.



UNTERSUCHUNG EINES ERDRUTSCHES AUF DER BASIS VON 3D-PUNKTWOLKEN

Hintergrund

Erdrutsch in Malin, Maharashtra, Indien.

30.07.2014

Fläche ca. 44.000 m²

Ausgelöst durch lokalen Starkregen.

Ziele

Untersuchung des Erdrutsches mit Punktwolken aus Stereo-Satellitenbilddaten.

Erstellung eines automatisierten Arbeitsablaufes für operationelle Anwendungen.



http://ichef.bbci.co.uk/news/624/media/images/76619000/jpg/_76619951_76619658.jpg



http://72.78.249.126/SakaalTimesBeta//20141023/images/4782814150231602548/5673688966560172043_Org.jpg

Airbus DS WorldDEM™ („Vorher-“Oberflächenmodell)

Pléiades Stereobildpaar („Nachher-“Oberfläche), mit RPCs:

- Pléiades 1A, aufgenommen am 8. Feb. 2015, GSD 0,5 m, Einfallswinkel 21.6°
- Pléiades 1B, aufgenommen am 9. Feb. 2015, GSD 0,5 m, Einfallswinkel 1.9°



Generierung der 3D-Punktwolken & Merkmalsextraktion

Generierung passiver Punktwolken aus den panchromatischen Pléiades-Kanälen

- Algorithmus: Dense Image Matching
- Referenzhöhenmodell: WorldDEM™
- Bündelblockausgleich zur Präzisierung der 3D-Koordinaten ohne GPS-Punkte (relative Orientierung durch Verknüpfungspunkte)

⇒ 158 Punktwolken im LAS-Format

Merkmalsextraktion

- Ableitung eines DSM aus den 158 Punktwolken mit einem 3D-Punkt / Pixel
 - Gitterabstand: 1 m (Dichte 3-4 Punkte/m²)
- ⇒ „Nachher-“Oberflächenmodell

Nachprozessierung & Klassifikation

„Nachher-“Oberflächenmodell:

- Addition der Geoid-Komponente (EGM 2008)

„Vorher-“Oberflächenmodell:

- Projektionsumrechnung nach UTM Zone 43N (WGS-84)
- Anpassung der Zellengröße

Z-Wert-Differenzbildung der deckungsgleichen Oberflächenmodelle

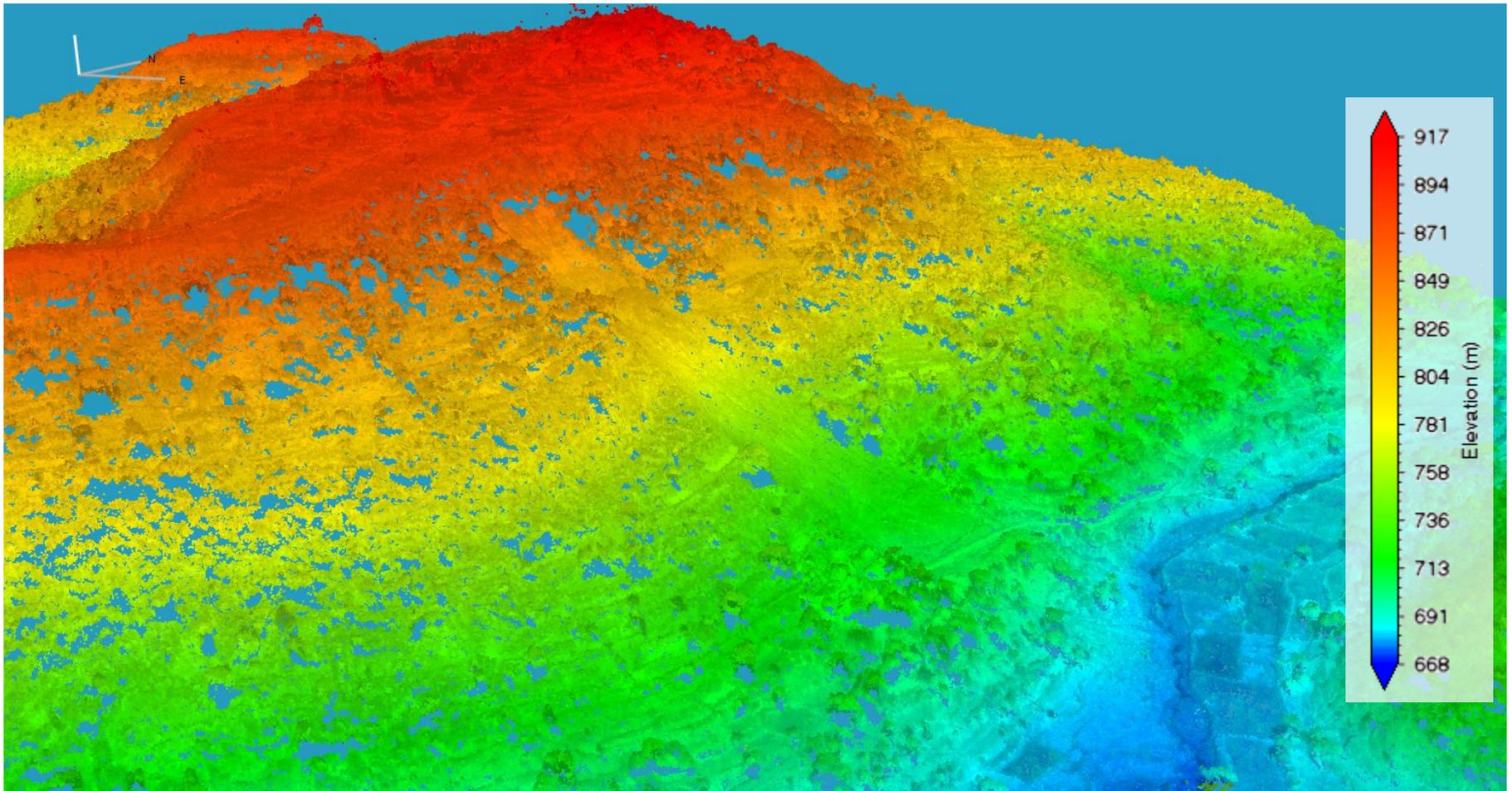
⇒ Differenzoberfläche

Median-Filterung

⇒ Gefilterte Differenzoberfläche

Schwellwert-Klassifikation

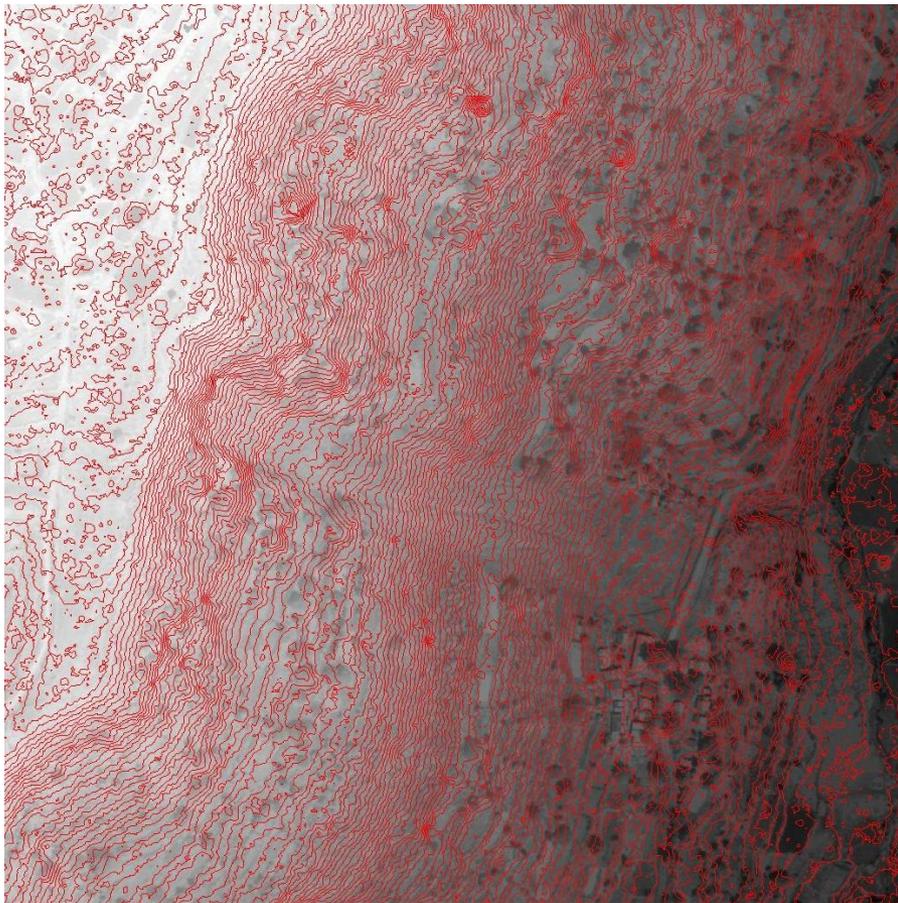
⇒ Klassifizierte Differenzoberfläche



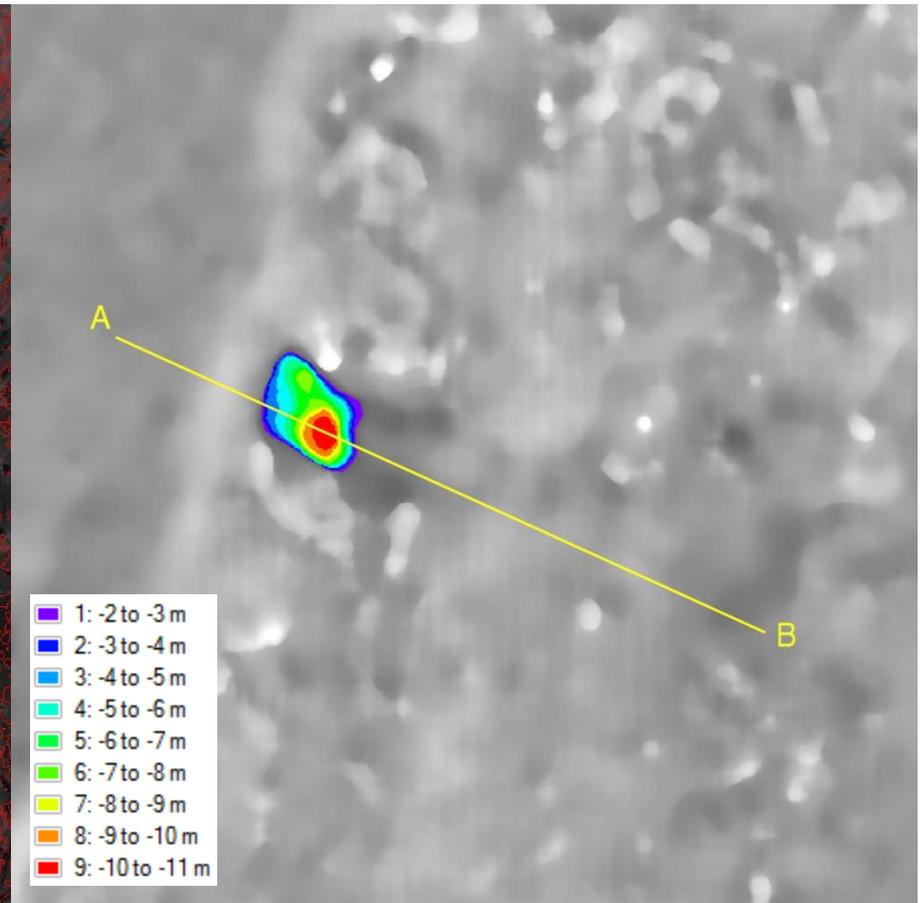
Punktwolke aus 158 *.las Dateien, abgeleitet aus dem panchromatischen Pléiades-Stereobildpaar (Ausschnitt).

Die Punktwolke wurde mit einem 3D-Punkt pro Pixel generiert.

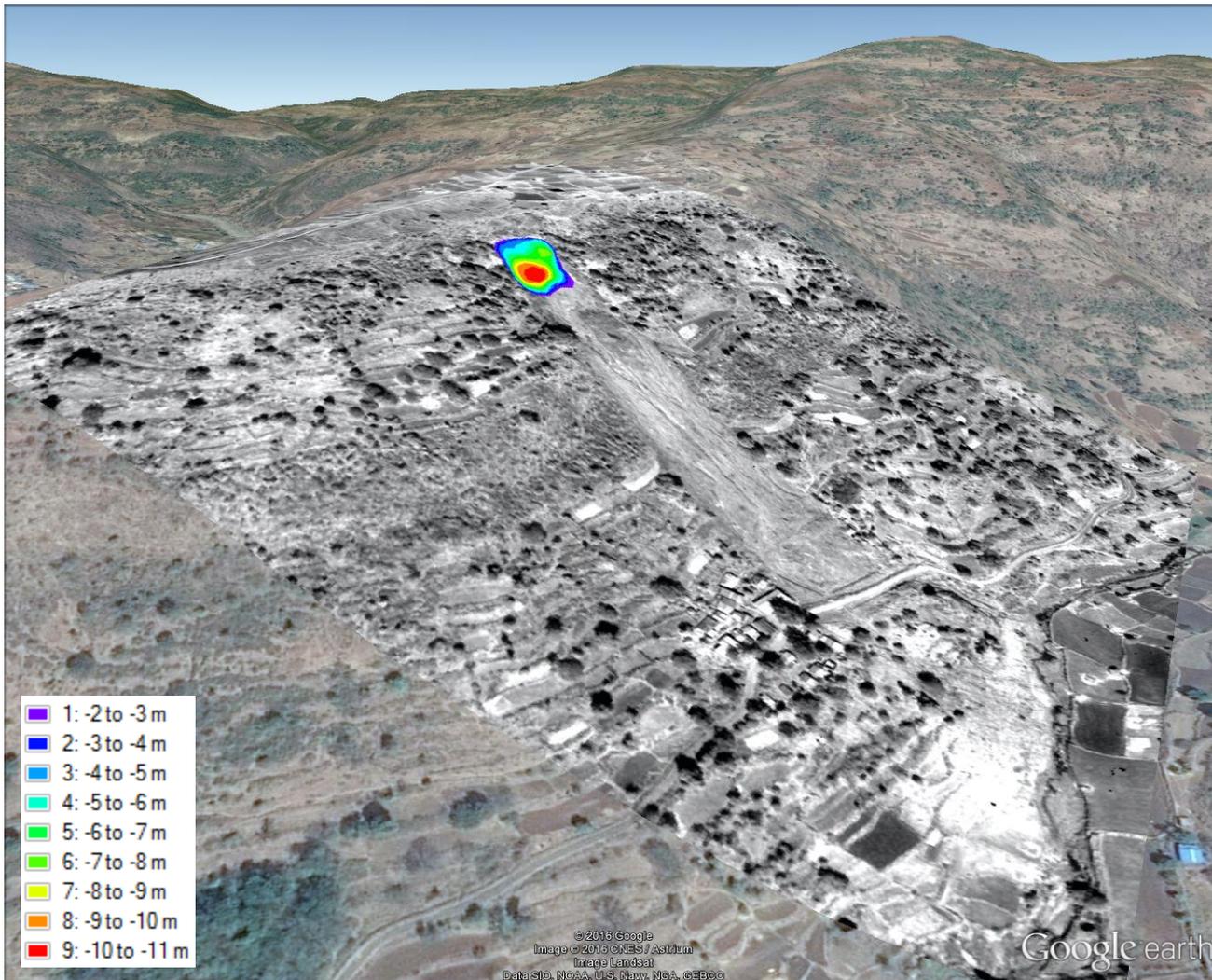
Bei einer GSD der panchromatischen Kanäle von 0,5 m resultiert daraus eine Dichte von 3-4 Punkten/m².



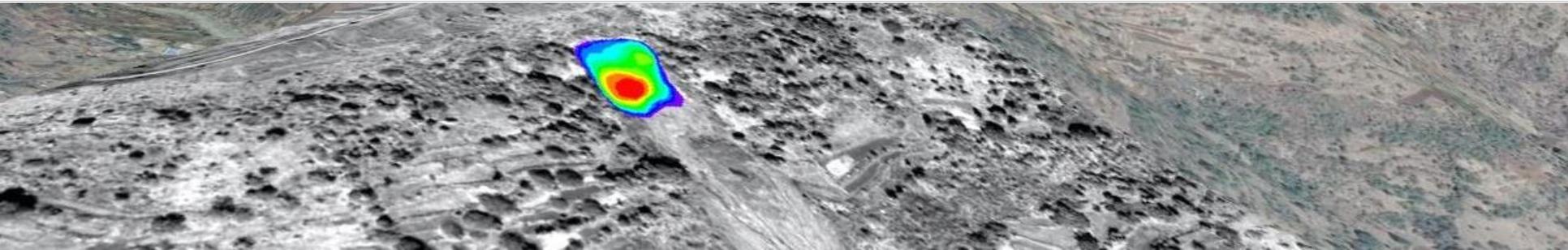
Höhenlinien des „Nachher-“Oberflächenmodells, abgeleitet aus den photogrammetrischen Punktwolken. Unterliegend das Intensitäts-Orthophoto (Ausschnitt).



Schwelwert-Klassifikation der Differenzoberfläche, abgebildet auf der Differenzoberfläche der deckungsgleichen Oberflächenmodelle (Ausschnitt).



3D-Ansicht des Malin-Erdrutsches mit Intensitäts-Orthophoto und Schwellwert-Klassifikation der Differenzoberfläche.



VERÄNDERUNGSDETEKTION IN BERGBAUGEBIETEN AUF DER BASIS VON 3D-PUNKTWOLKEN

Hintergrund

Eisenerzförderung im offenen Tagebau in Indien

China bezieht 91 % des indischen Eisenerzes:

- Eisenanteil: > 58 % –2003– > 45 %

⇒ Grassierende Verletzung der Bergbau- und Umweltgesetze mit staatlicher Duldung (2011: ca. 50 % der Minen illegal)

Illegal export of iron ore from Karnataka

Year	Production	Export	Illegal export
2005-06	33.61	11.47	2.17
2006-07	40.32	10.80	4.74
2007-08	48.99	14.73	5.76
2008-09	46.97	11.06	3.39
2009-10	43.92	13.19	7.12

<http://www.downtoearth.org.in/coverage/chaos-in-the-iron-age-41038>

Ziele

Orthomosaik aus UAV-Befliegungen mit photogrammetrischen Verfahren für das Abbaugebiet Santona 2014.

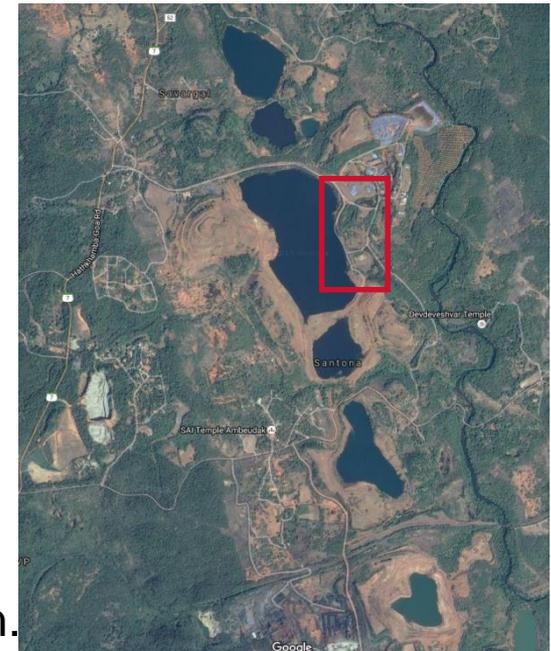
Umsetzung der stereoskopischen Informationen in 3D-Punktwolken.

Veränderungsdetektion auf Basis von Oberflächenmodellen.



Bergbaugebiete in Goa.

<http://www.goadmg.gov.in/MiningArea.aspx>



Zeitreihe 2006 bis 2015

01/2006



10/2010



03/2011



01/2012



12/2014



09/2015

Generierung von Orthomosaik und 3D-Punktwolken, Merkmalsextraktion

Eingangsdaten

- 34 JPG-Bilder (4000x3000 Pixel)
- Innere & äußere Kalibrierung

Aerotriangulation

- Extraktion von Verknüpfungspunkten
- Korrelation („Image Matching“)
- Filterung
- Bündelblockausgleich

Oberflächenmodell-Ableitung

Generierung passiver 3D-Punktwolken

Orthorektifizierung & Mosaikierung

- ⇒ Orthomosaik
- ⇒ Oberflächenmodell („Nachher“)
- ⇒ 3-D Punktwolke

Nachprozessierung & Klassifikation

„Nachher“-Oberflächenmodell:

- Anpassung der Zellengröße

„Vorher“-Oberflächenmodell (SRTM)

- Projektionsumrechnung nach UTM Zone 43N (WGS-84)
- Anpassung der Zellengröße
- Zuschnitt auf „Nachher“-Oberflächenmodell
- ⇒ Stapel der Oberflächenmodelle

ROI-Zuschnitt auf verzerrungsfreien Bereich

Z-Wert-Differenzbildung der deckungsgleichen Oberflächenmodelle

- ⇒ Differenzoberfläche

Schwellwert-Klassifikation

- ⇒ Klassifizierte Differenzoberfläche

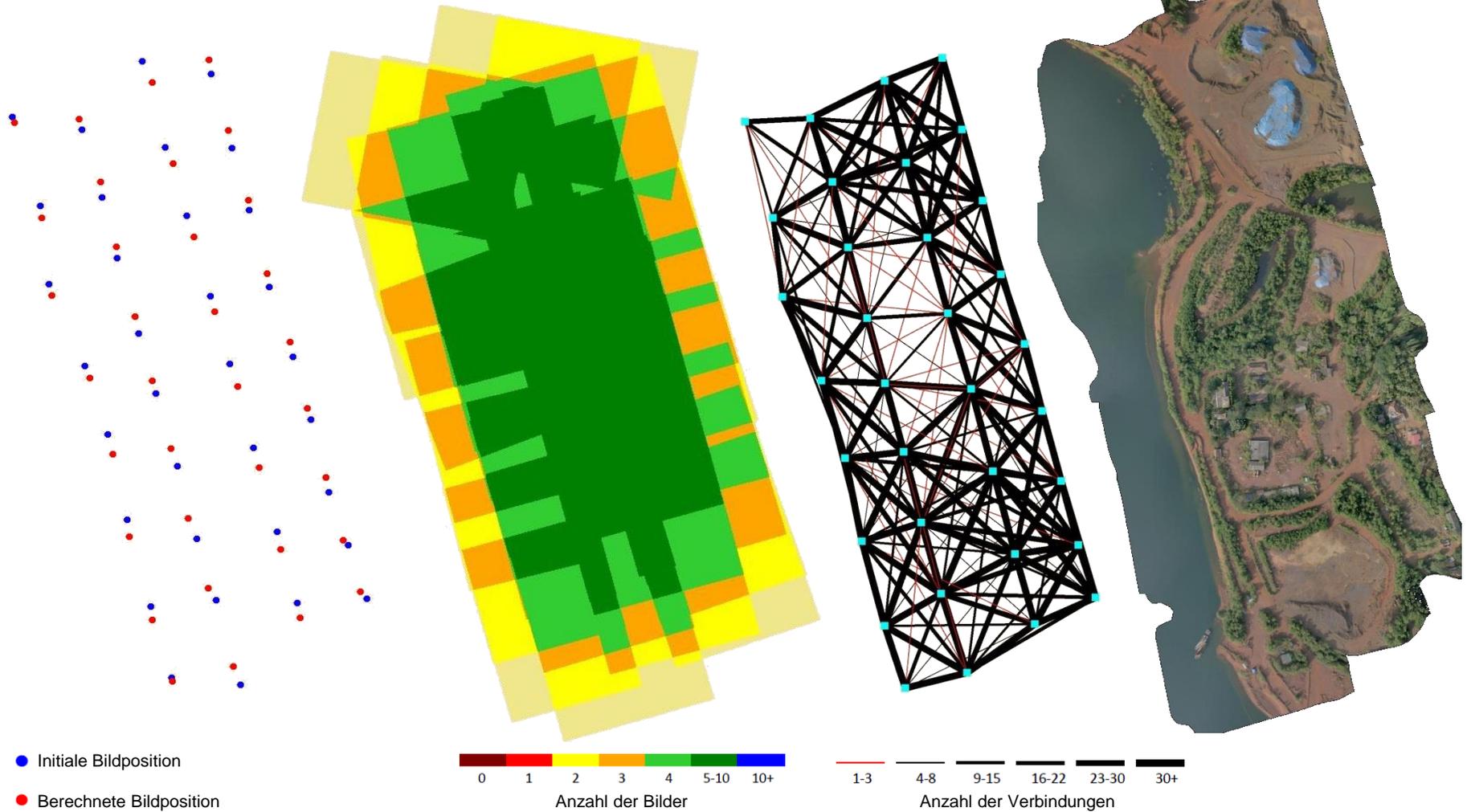
Generierung des Orthomosaiks

Bildmittelpunkte

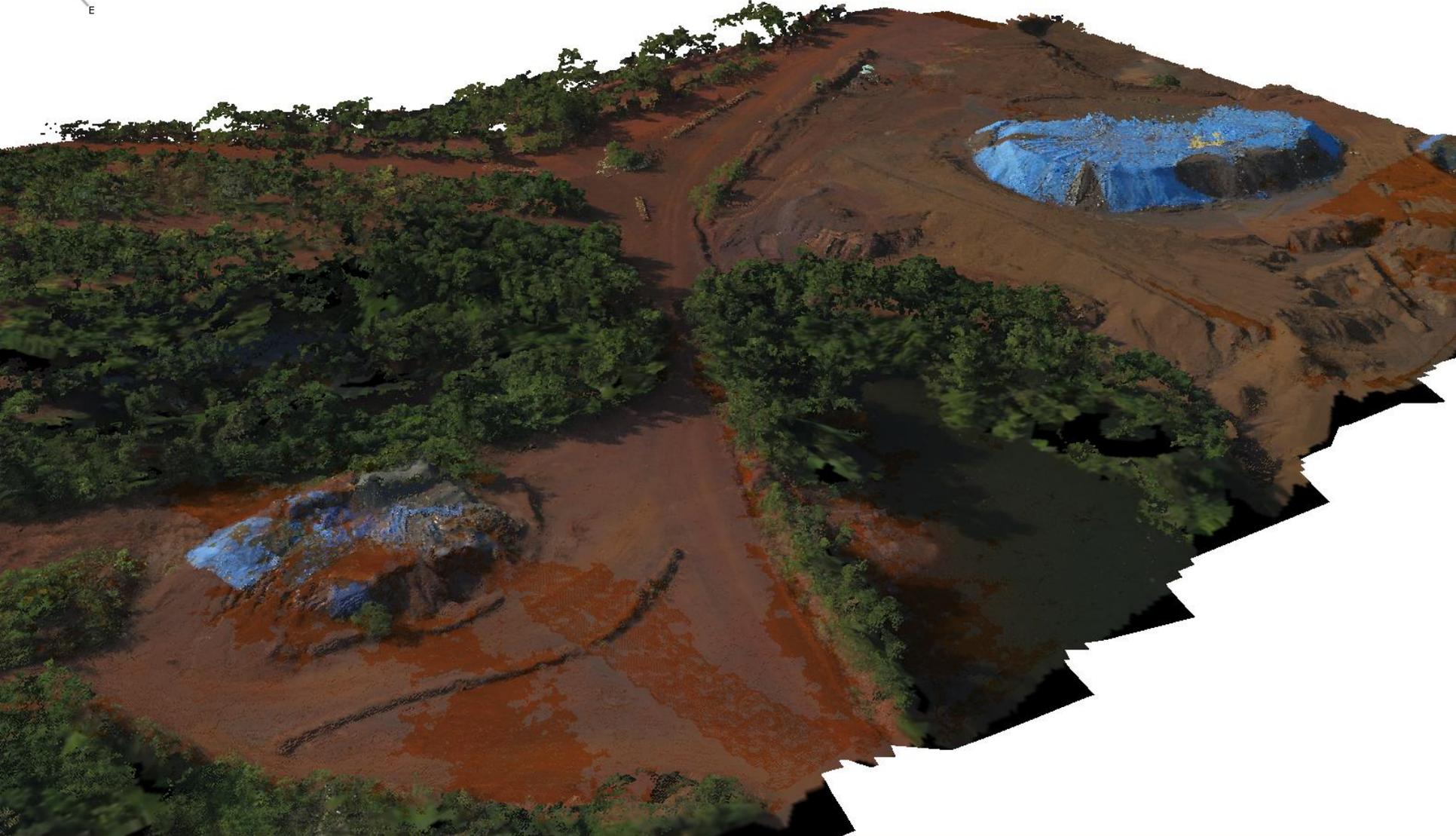
Bildabdeckung

Verbindungskarte

Orthomosaik



3-D Punktwolke

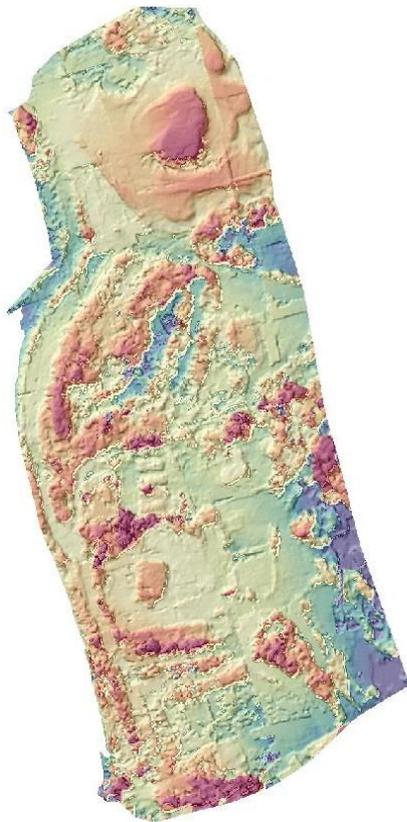


Z-Wert-Differenzbildung der deckungsgleichen Oberflächenmodelle

„Nachher“-Oberflächenmodell

„Vorher“-Oberflächenmodell

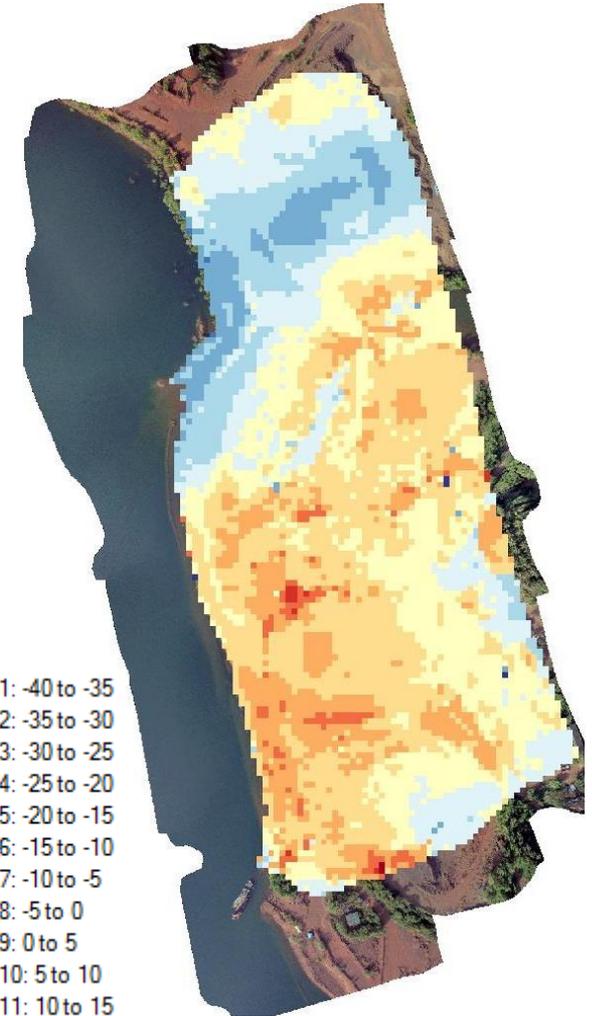
Differenzoberfläche 12-2014 zu 02-2000



-



=



- 1: -40 to -35
- 2: -35 to -30
- 3: -30 to -25
- 4: -25 to -20
- 5: -20 to -15
- 6: -15 to -10
- 7: -10 to -5
- 8: -5 to 0
- 9: 0 to 5
- 10: 5 to 10
- 11: 10 to 15

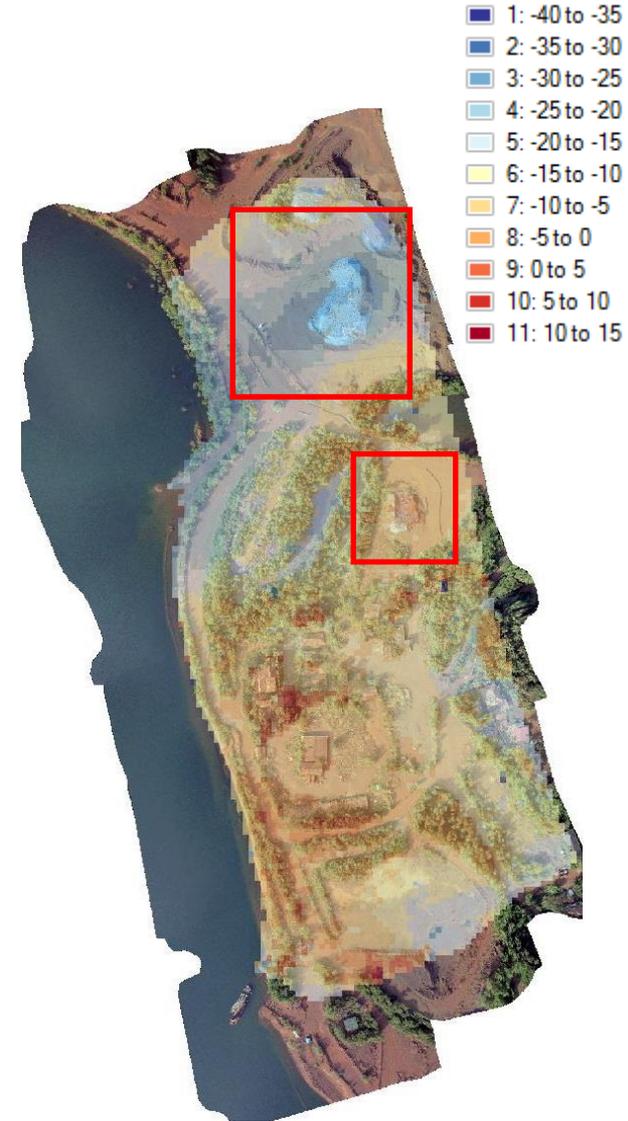
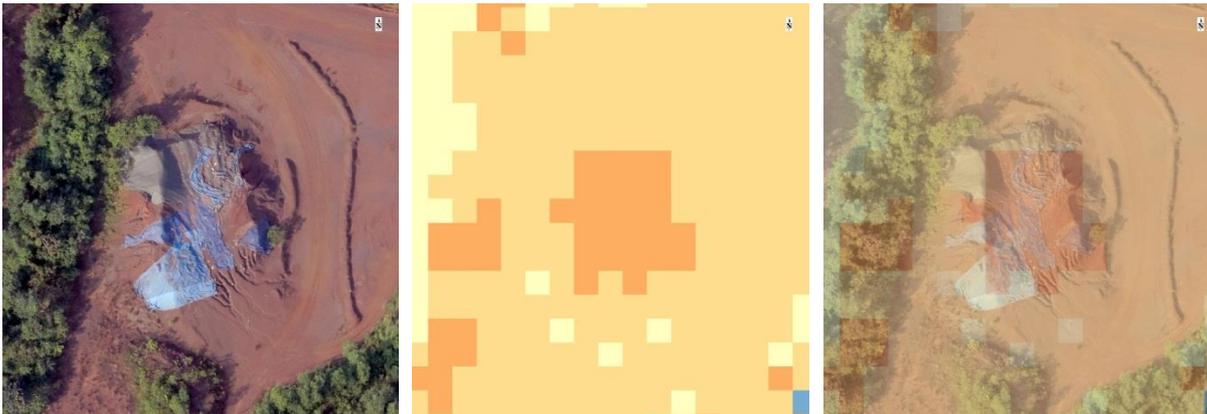
Differenzmodell – Abtrag

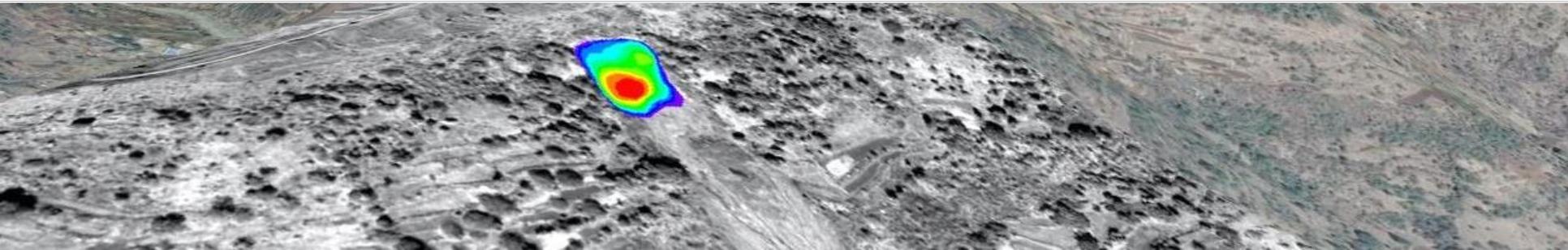
Negative Δh Werte (gelb – blau)



Differenzmodell – Auftrag

Positive Δh Werte (gelb – rot)





AUTOMATISIERUNG

Beispiel:
Punktwolkengenerierung aus
Stereo-Satellitendaten

Start des Batch-Modus

Öffnen der Eingangsdatensätze

Punktwolkengenerierung mit
„Dense Image Matching“

```
PRO generierePunktwolken, inStereo1, inStereo2, inDHM, outDIR

COMPILE_OPT IDL2

; Start der Anwendung

e = ENVI(/HEADLESS)

; Öffnen der Eingangsdatensätze

rasterStereo1 = e.OpenRaster(inStereo1)
rasterStereo2 = e.OpenRaster(inStereo2)
rasterDHM      = e.OpenRaster(inDEM)

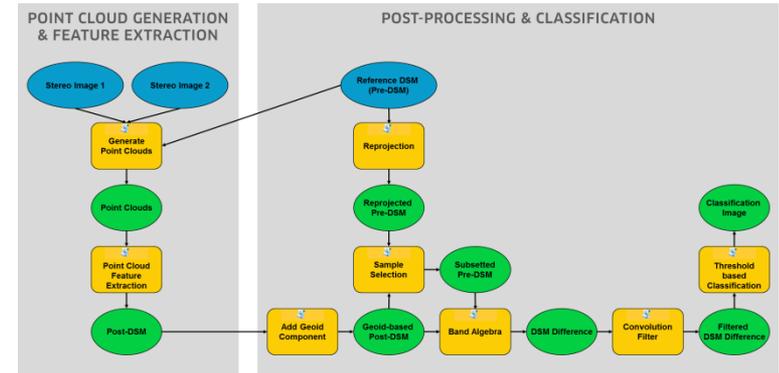
; Punktwolkengenerierung

Aufgabe = ENVITask('GeneratePointCloudsByDenseImageMatching')
Aufgabe.INPUT_RASTERS      = [rasterStereo1, rasterStereo2]
Aufgabe.INPUT_DEM_RASTER  = rasterDHM
Aufgabe.DO_BLOCK_ADJUSTMENT = 55.00 ; Default
Aufgabe.MINIMUM_OVERLAP   = 55 ; Default
Aufgabe.MATCHING_THRESHOLD = 15 ; Default
Aufgabe.EDGE_THRESHOLD    = 5 ; Default
Aufgabe.QUALITY_THRESHOLD = 60 ; Default
Aufgabe.OUTPUT_DIRECTORY  = outDIR
Aufgabe.Execute

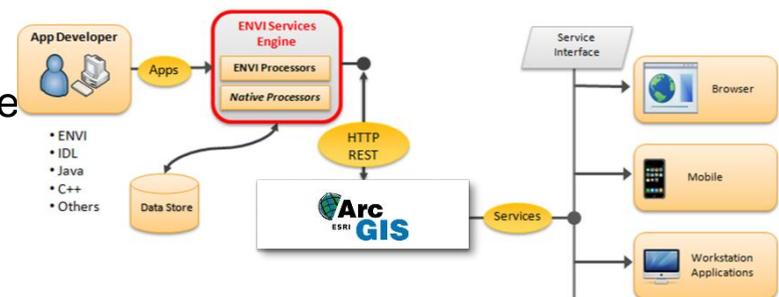
END
```

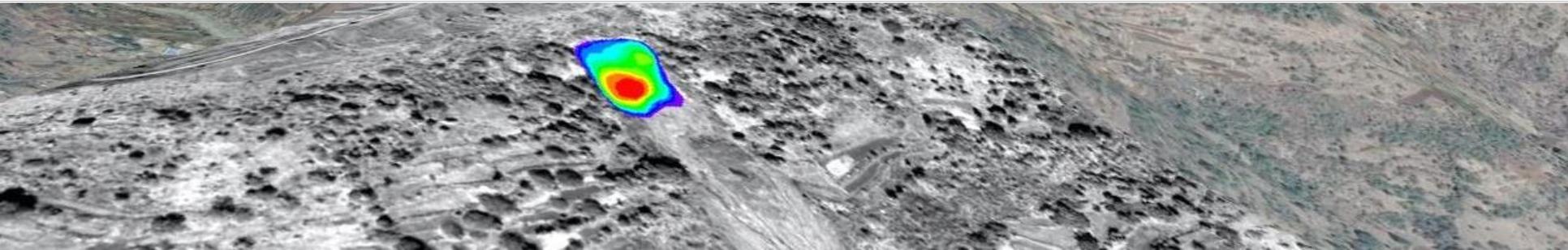
- in Geo-Arbeitsabläufe über die bi-direktionale IDL-Python Brücke.
- Mechanismus für den Aufruf von IDL aus jeder beliebigen Python-Umgebung.
- in ArcGIS® als benutzerdefiniertes Skriptwerkzeug.
- Python-Skript übernimmt die Parameter aus dem Dialogfenster und führt den vorkompilierten IDL-Code aus.

In beiden Fällen dient der IDL-Code als Schnittstelle zwischen dem Python-Skript und ENVI.



- als REST-basierter Web-Dienst.
- Über das GSF (Geospatial Framework) in bestehende Enterprise-Infrastrukturen oder Cloud-Lösungen (z. B. ArcGIS Server® mit Portal for ArcGIS® | ArcGIS Online®).





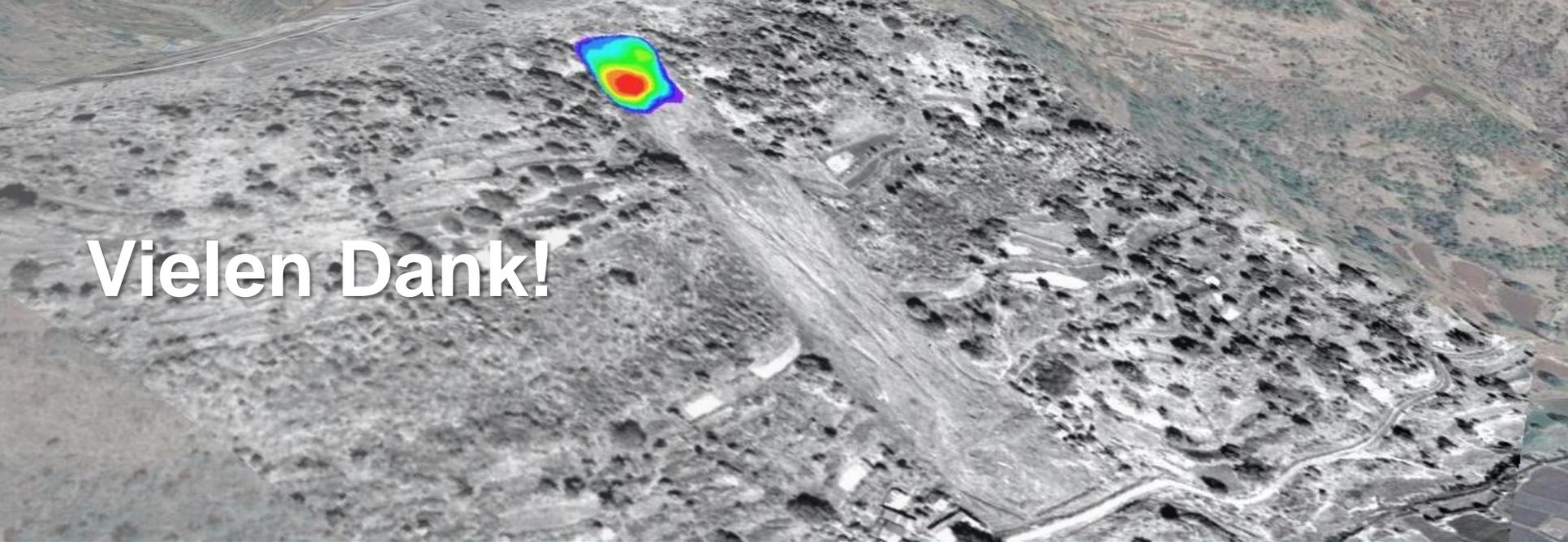
ZUSAMMENFASSUNG & AUSBLICK

Auf der Basis aktueller Stereo-Satellitenbilder oder Luftbilder aus UAV-Befliegungen lassen sich in wenigen Minuten photogrammetrische 3D-Punktwolken mit hoher Präzision und Dichte gewinnen.

Die einfache Implementierung in Online-Dienste ermöglicht es, maßgeschneiderte und individuelle Analysen für benutzerdefinierte Gebiete „On-the-Fly“ zu berechnen und abzurufen.

Weiterentwicklung der hier vorgestellten Arbeitsabläufe für 3D-Punktwolken:

- Koregistrierung von Oberflächenmodellen zur Vermeidung horizontaler Verschiebungen und vertikaler Abweichungen,
- Validierung von Oberflächenmodellen mit Hilfe von Referenzprodukten,
- Geomorphologische Analysen, z. B. Volumenberechnungen von Oberflächenmodell-Zeitreihen,
- Extraktion von 3D-Objekten.



Vielen Dank!

 www.harrisgeospatial.de

 www.facebook.com/HarrisGeospatialSolutions

 www.twitter.com/ExelisVis

 www.youtube.com/user/ExelisVis

thomas.bahr@harris.com