



Potenzial von 3D-Punktwolken für Konstruktion, Prüfung und Nutzung von 3D-Stadtmodellen

Rico Richter,
FG Computergrafische Systeme Prof. Döllner

48. Sitzung der SIG 3D

- Einführung
- Analyse und Visualisierung von 3D-Punktwolken
 - Klassifizierung
 - Veränderungsanalyse
 - Visualisierung
 - Thematisch Daten
- Anwendungen für 3D-Stadtmodellen
 - Konstruktion und Fortführung
 - Prüfung und Evaluation
 - Ableitung eines digitalen Baumkatasters
- Infrastrukturkonzept für Web-Services
- Ausblick & Fazit

- Digitale Repräsentationsform für räumliche 3D-Modelle:

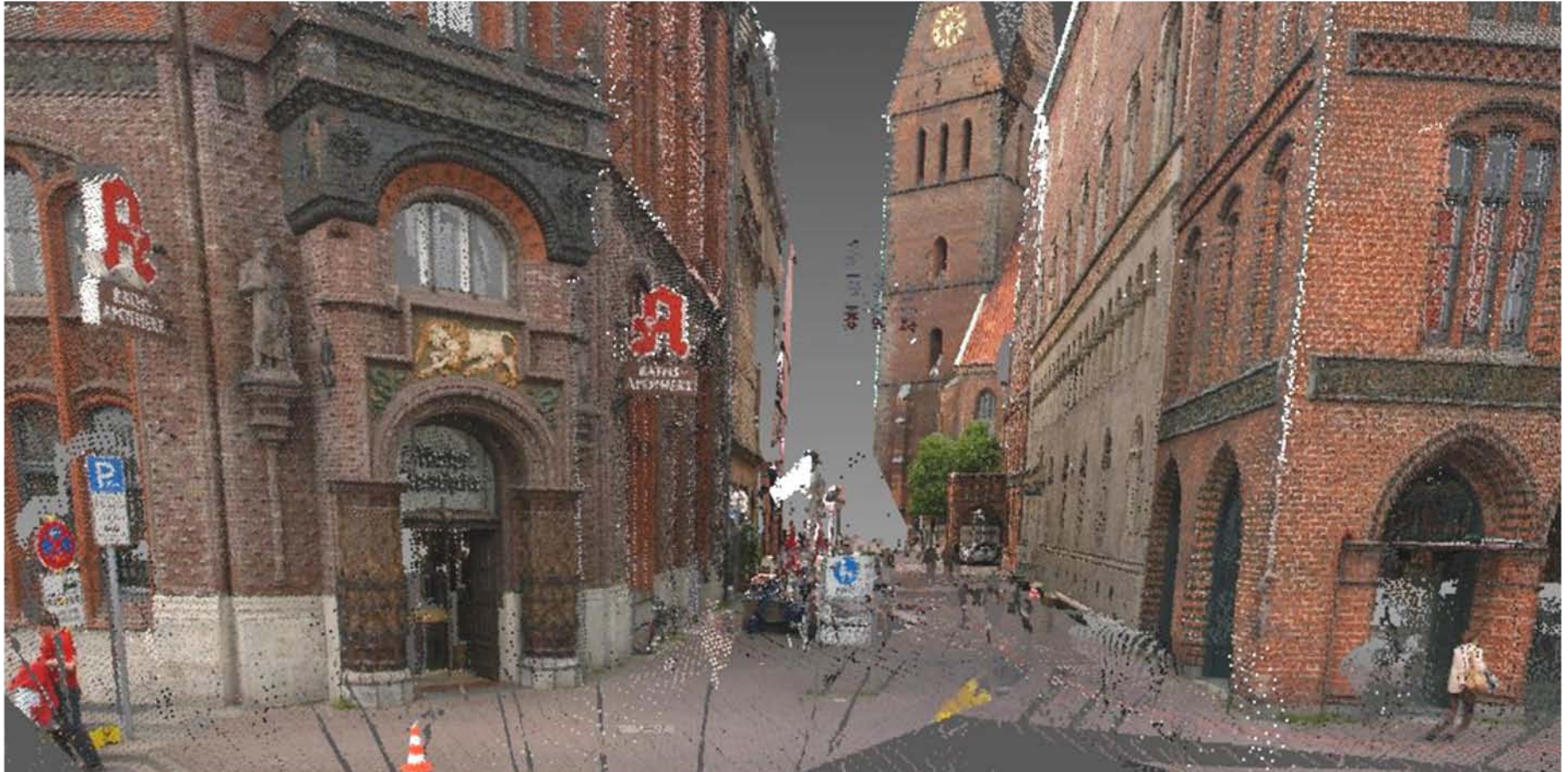
- Objekte
- Strukturen
- Städte
- Landschaften

- Erfassung:

- Laserscanning
 - Terrestrisch
 - Mobile Mapping
 - Flugzeuggestützt
- Bildbasiert
 - Bildmatching
 - Stereokameras
 - Infrarot (z.B. Kinect)



Terrestrischer Laserscanner. Quelle: <http://galleryhip.com/3d-laser-scanning.html>



3D-Punktwolke Rathaus Hannover, bereitgestellt von Claus Brenner IKG Uni Hannover.



3D-Punktwolke der Deutschordenskommande Siersdorf, bereitgestellt vom Institut für Baugeschichte und Denkmalpflege, FH Köln.

3D-Punktwolken – Mobile Mapping



Quelle: <http://www.eisenbahndienstfahrzeuge.de/>

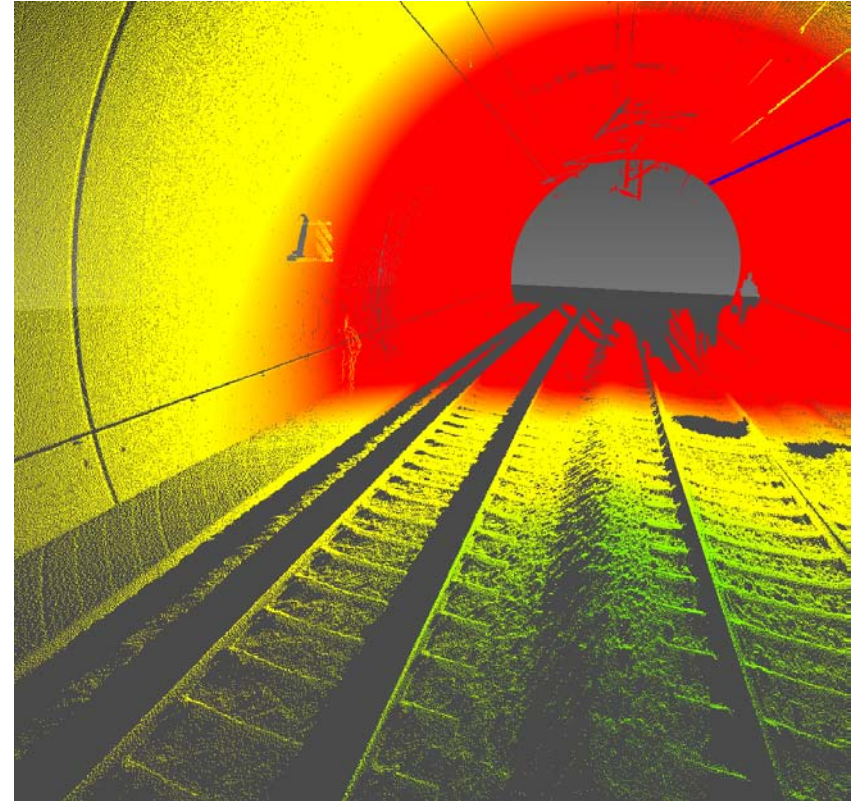


Quelle: <http://www.telematics.com/>

3D-Punktwolken – Mobile Mapping



3D-Punktwolke einer Gleistrasse, bereitgestellt von DB Netz AG.



3D-Punktwolke eines Tunnels.

3D-Punktwolken – Bildmatching



Bilder Campus Hasso-Plattner-Institut.



3D-Punktwolke Campus Hasso-Plattner-Institut.

- Einführung
- Analyse und Visualisierung von 3D-Punktwolken
 - Klassifizierung
 - Veränderungsanalyse
 - Visualisierung
 - Thematisch Daten
- Anwendungen von 3D-Stadtmodellen
 - Konstruktion und Fortführung
 - Prüfung und Evaluation
 - Ableitung eines digitalen Baumkatasters
- Infrastrukturkonzept für Web-Services
- Ausblick & Fazit



Unklassifizierte 3D-Punktwolke.



Klassifizierte 3D-Punktwolke.

- Datengrundlage:
 - 3D-Punktwolke (Laserscanning) oder
 - Oberflächenmodell (Bildmatching)
- Vollautomatische und hocheffiziente Klassifizierung auf Basis der Struktur

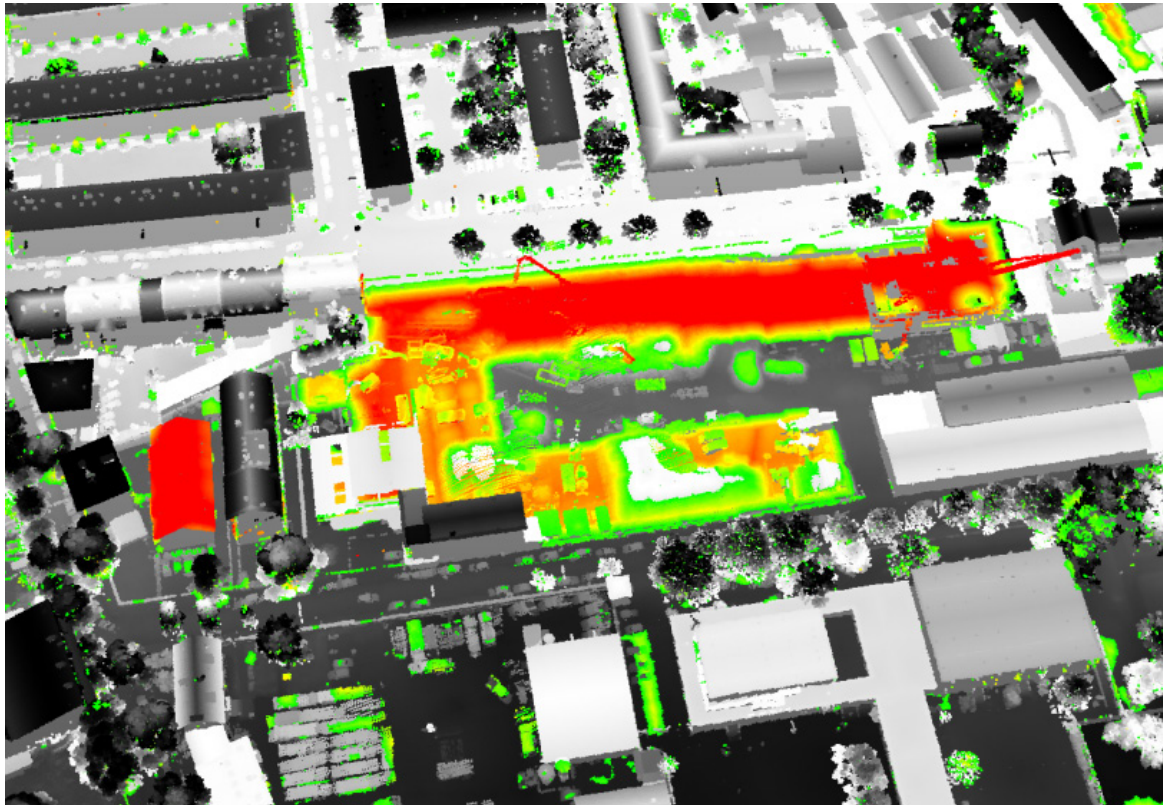


Unklassifizierte 3D-Punktwolke.



Klassifizierte 3D-Punktwolke.

- Vergleich von multitemporalen 3D-Punktwolken
- Detektion von räumlichen (z.B. baulichen) Veränderungen

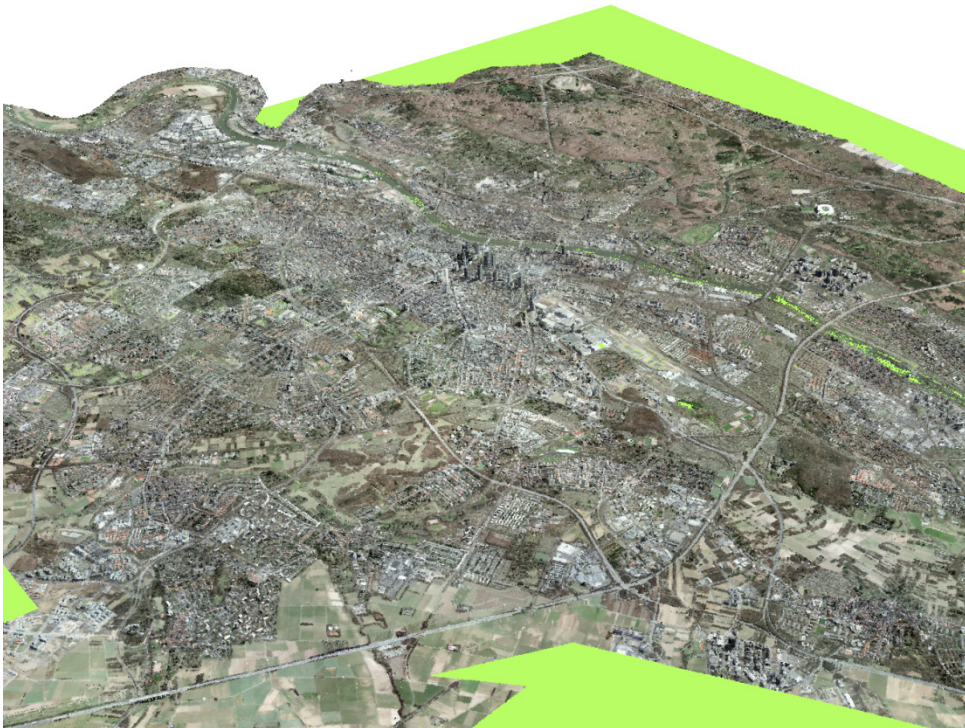




3D-Punktwolke Frankfurt am Main, bereitgestellt vom Vermessungsamt Frankfurt.

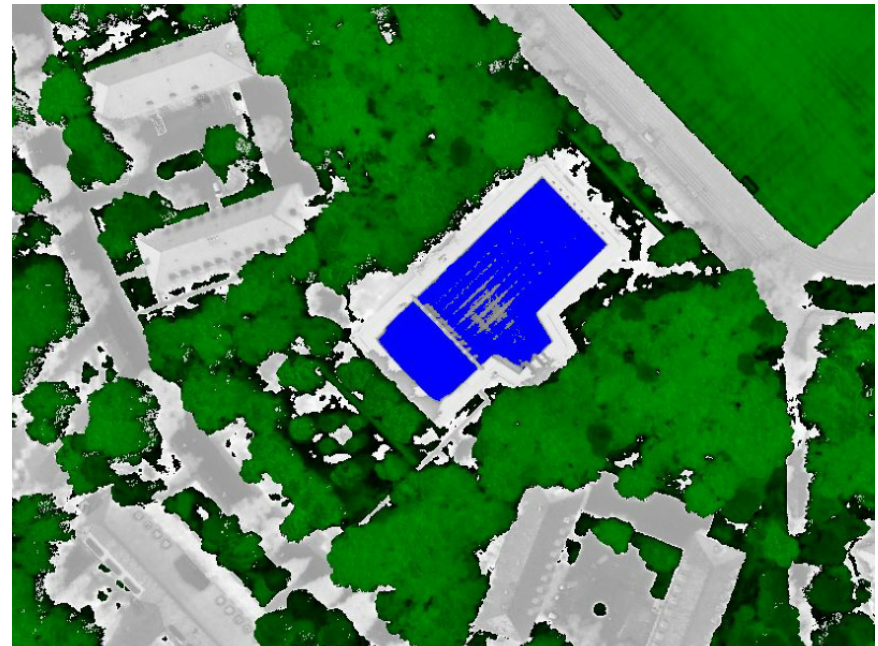
Visualisierung von 3D-Punktwolken

- Echtzeit-Visualisierung
- Out-of-Core Verfahren
- Level-of-Detail Verfahren
- Thematische Visualisierung



- Farbinformationen
- NDVI
- Solarpotential
- Thermographie
- Oberflächeneigenschaften
- Materialeigenschaften

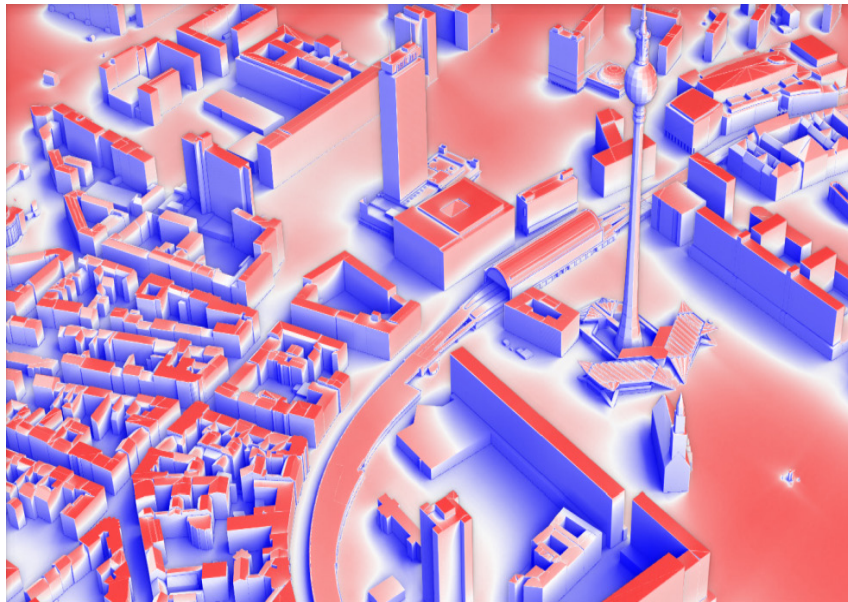
- Semantik
 - Gebäudebestandteile (z.B. Fassade, Fenster, Dach)
 - Vegetation (z.B. Baum, Strauch)
 - Gelände (z.B. Landnutzungstyp)
 - Stadtmöbel (z.B. Straßenlampen)



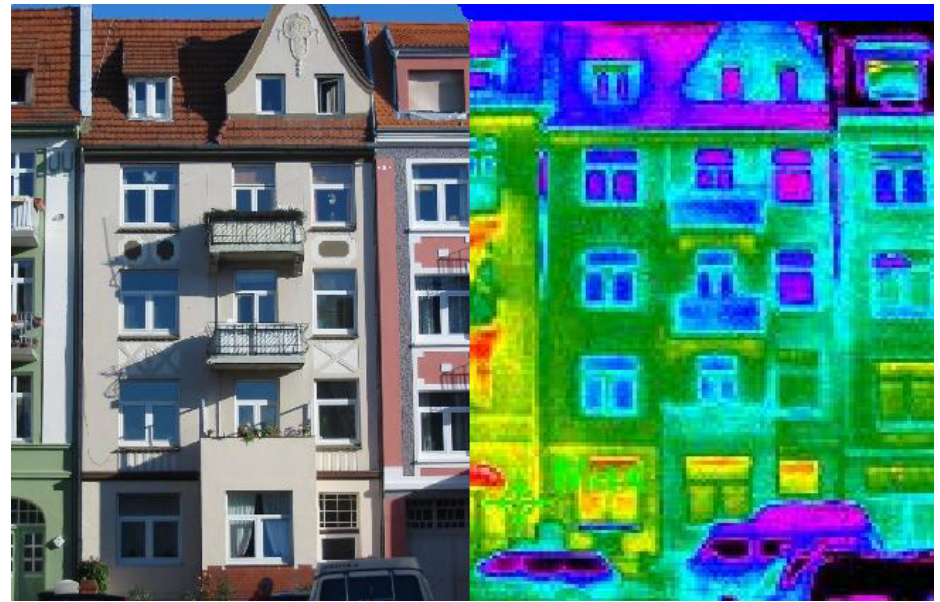
- Farbinformationen
- NDVI
- Solarpotential
- Thermographie
- Oberflächeneigenschaften
- Materialeigenschaften

- Semantik

- Gebäudebestandteile
(z.B. Fassade, Fenster, Dach)
- Vegetation (z.B. Baum, Strauch)
- Gelände (z.B. Landnutzungstyp)
- Stadtmöbel (z.B. Straßenlampen)



Solarpotentialanalyse 3D-Stadtmodell Berlin.



Thermografieaufnahme. Quelle: ibe-luebeck.de

- Einführung
- Analyse und Visualisierung von 3D-Punktwolken
 - Klassifizierung
 - Veränderungsanalyse
 - Visualisierung
 - Thematisch Daten
- Anwendungen von 3D-Stadtmodellen
 - Konstruktion und Fortführung
 - Prüfung und Evaluation
 - Ableitung eines digitalen Baumkatasters
- Infrastrukturkonzept für Web-Services
- Ausblick & Fazit

- Anwendungsfelder: Planung, Monitoring, Dokumentation, Stadtmarketing, Analysen, Simulation und Katastrophenmanagement
- Die Aufbereitung und Konstruktion von 3D-Stadtmodellen erfordert in der Regel verschiedene Datenquellen:
 - Luftbilder
(z.B. Orthophotos, Schrägluftbilder)
 - 3D-Punktwolken
(z.B. aus LiDAR oder Bildmatching)
 - Oberflächenmodelle
(z.B. DSM, DTM)
 - Grundrisse und Lagepläne
(z.B. ALKIS, ALK)
 - Vegetationsmodelle
(z.B. Baumkataster)
 - Schrägluftbilder
 - Mobile Mapping Daten

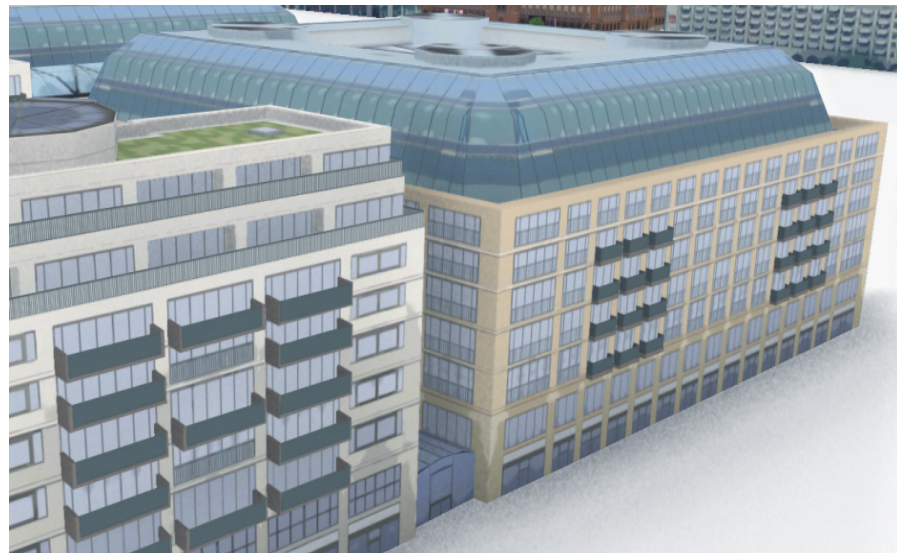


3D-Punktwolke + Luftbildfarben



3D-Stadtmodell Berlin

- Datenerfassung wird **regelmäßig** (z.B. jährlich), **flächendeckend** und **hochauflösend** für Städte, Metropolregionen und Bundesländer durchgeführt.
- Die Ableitung von **qualitativ hochwertigen, semantikreichen, geometrisch komplexen und flächendeckenden 3D-Stadtmodellen** kann nicht auf einen vollautomatisierten Prozess abgebildet werden.
 - Qualitätssicherung, Modellierung und Korrektur ist mit einem hohen manuellen Aufwand verbunden.
 - Es sind hohe zeitliche und finanzielle Aufwendungen erforderlich.
 - Lange Zeitspanne zwischen der Erfassung und der tatsächlicher Verfügbarkeit des 3D-Stadtmodells.



Detailliert modelliertes 3D-Gebäudemodell des Berliner 3D-Stadtmodells.

Beispiel - Aktualisierung 3D-Stadmodell Berlin (2013/2014)

Kennzahlen:

- 890 km² Stadtgebiet
- 120 TB Erfassungsdaten
- 527.000 Gebäude

Projektbeteiligte:



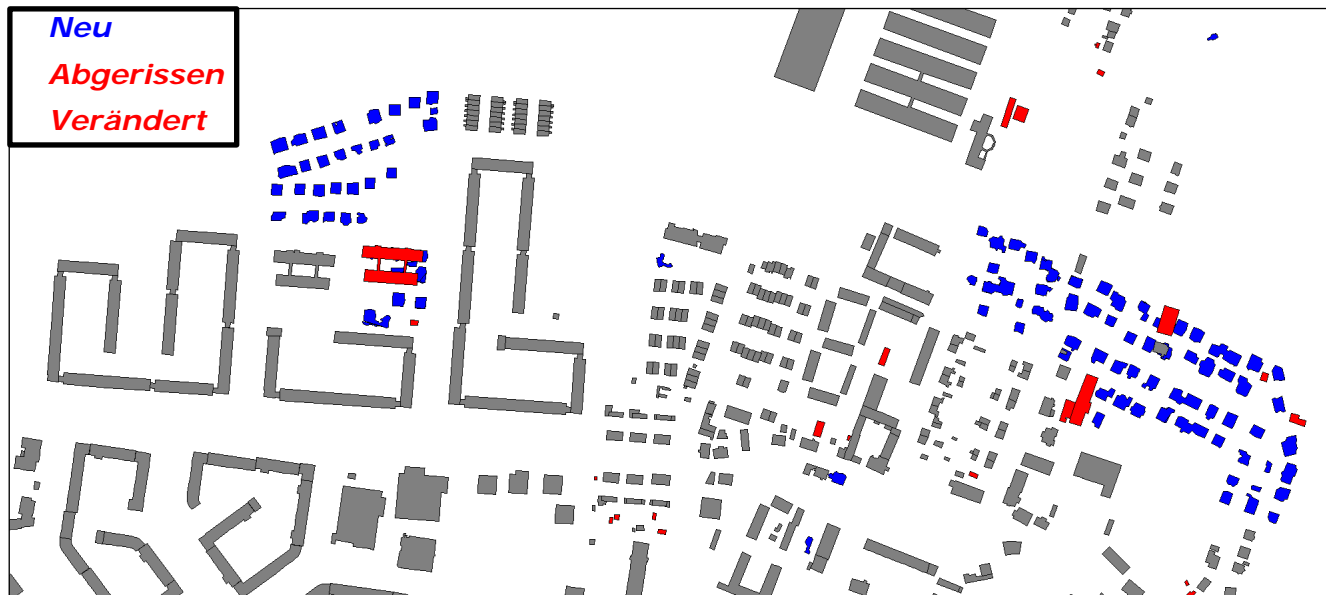
Datengrundlage:

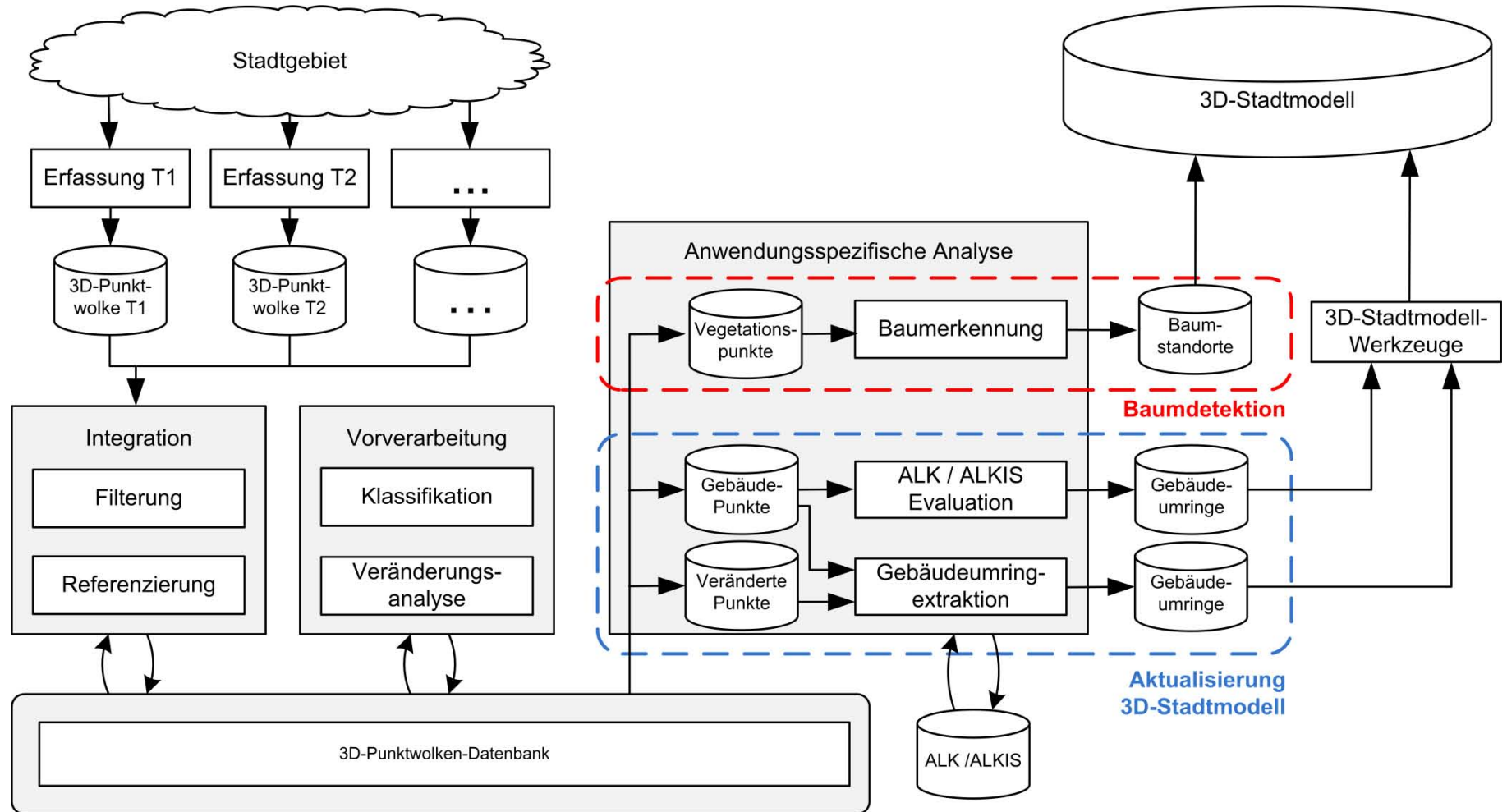
- 3D-Punktwolke 2009
 - 5-10 Punkte/m²,
 - 5 Mrd. Punkte
- 3D-Punktwolke 2013
 - 100 Punkte/m²
 - 80 Mrd. Punkte
- Grundrisse aus ALK



Klassifizierte 3D-Punktwolke, Bereich Berlin Schloss Charlottenburg.

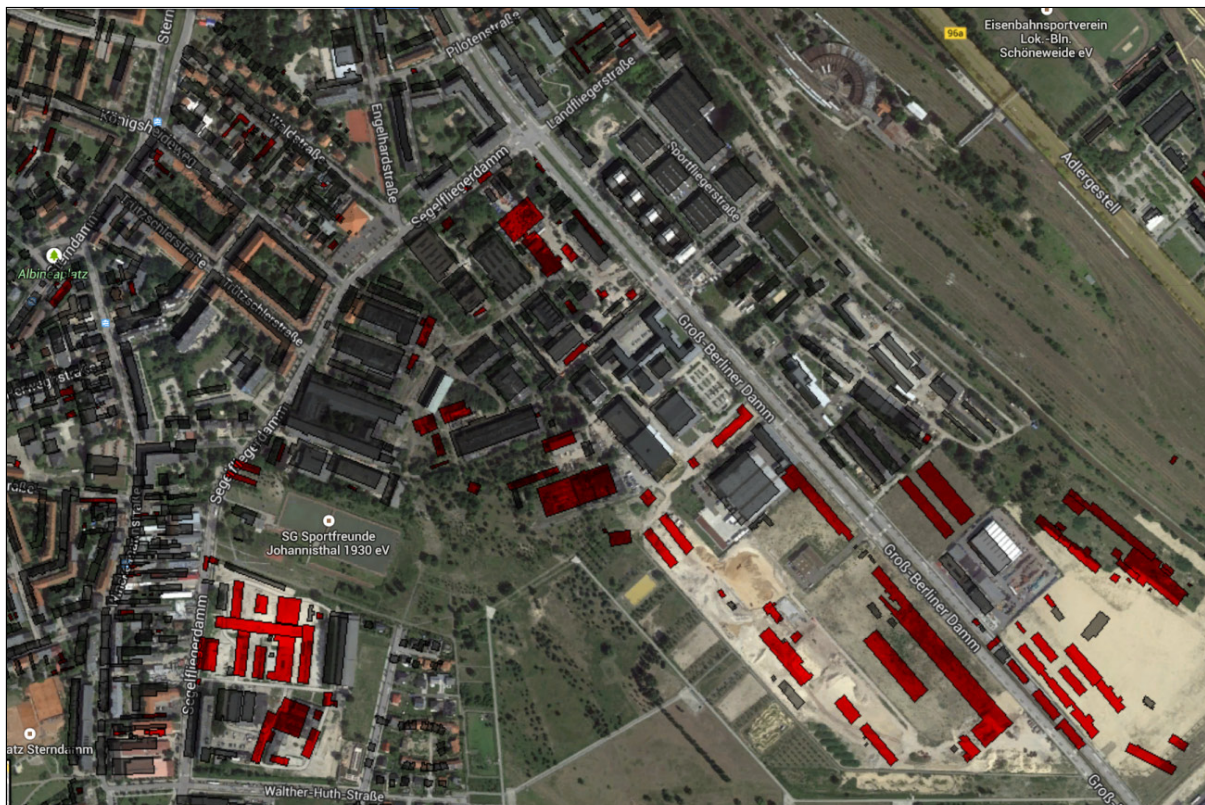
- Zielstellung: Auffinden von **neuen**, **abgerissenen** und **veränderten** Bauwerken
 - Gebäude im Bestand aber nicht in der 3D-Punktwolke
 - Gebäude in der 3D-Punktwolke aber nicht im Bestand
 - Gebäude mit „fehlerhaftem Grundriss“ im Bestand
 - Gebäude mit baulichen Veränderung (z.B. Volumenänderung)





Beispiel - Aktualisierung 3D-Stadmodell Berlin

- Ergebnisse: Abgerissene Bauwerke



Ergebnisse ALK Evaluation: Grau – aktuell; Rot – veraltet.

Selected	
Attributes	Shape
UID	57
ADVSTANDAR	DLKM
NAME	
AX_DATENER	1000
ART	
KN	31001
GFK	2463
HAUSNR	
SCHLUESSEL	0823700400333
STRASSE	
AGS	08237004
GEMEINDE	
A_DATUM	2013-03-11T23:26:40Z
ALKISID	DEB\W\001000dD56K
SHAPE_AREA	4.38540500000e+001
SHAPE_LEN	2.75937192232e+001
AREA	41.1262
PERIMETER	27.5937
PNT_COUNT	647
DIST_AVG	2.64368
DIST_MAX	5.78973
DIST_MIN	0.245673
DIFF_VOLUM	108.725
BDG_RATIO	0.238022
BDG_AREA	9.78894
BDG_DENSIT	3.74457
BDG_MISS	1
BDG_COUNT	154
GRND_RATIO	0.678516
GRND_AREA	27.9048
VEG_RATIO	0
VEG_AREA	0
HVEG_RATIO	0.0834621
HVEG_AREA	3.43248

Beispiel - Aktualisierung 3D-Stadtmodell Berlin - Ergebnisse: Siedlung mit Neubauten



Vergleich Gebäudebestand altes 3D-Stadtmodell und neues 3D-Stadtmodell.

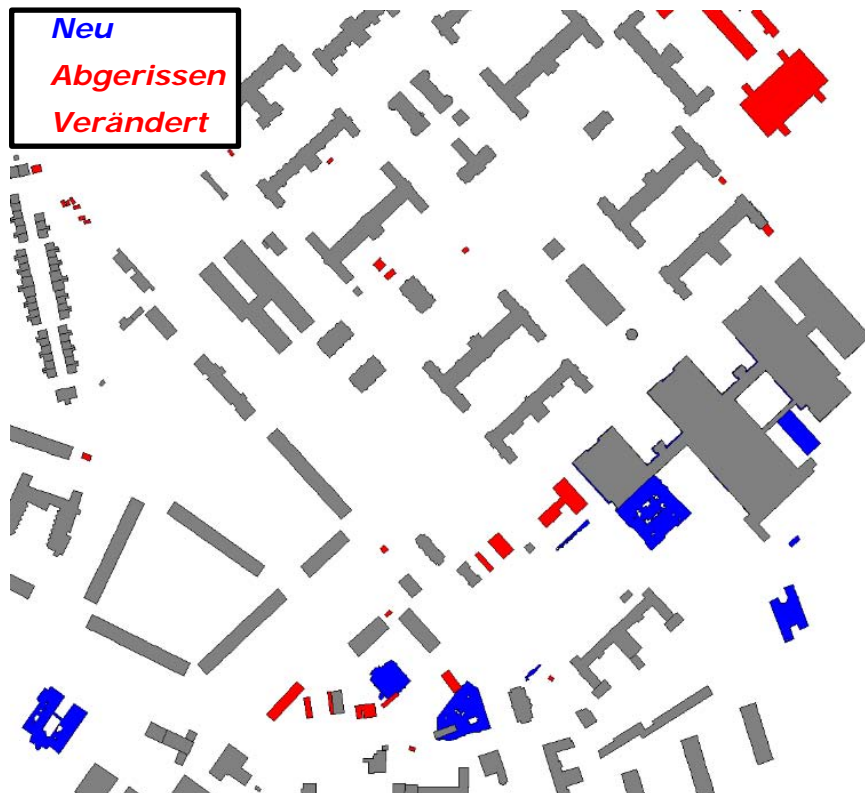
Beispiel - Aktualisierung 3D-Stadmodell Berlin - Ergebnisse: Siedlung mit Neubauten



Vergleich Gebäudebestand altes 3D-Stadtmodell und neues 3D-Stadtmodell.

Beispiel - Aktualisierung 3D-Stadtmodell Berlin

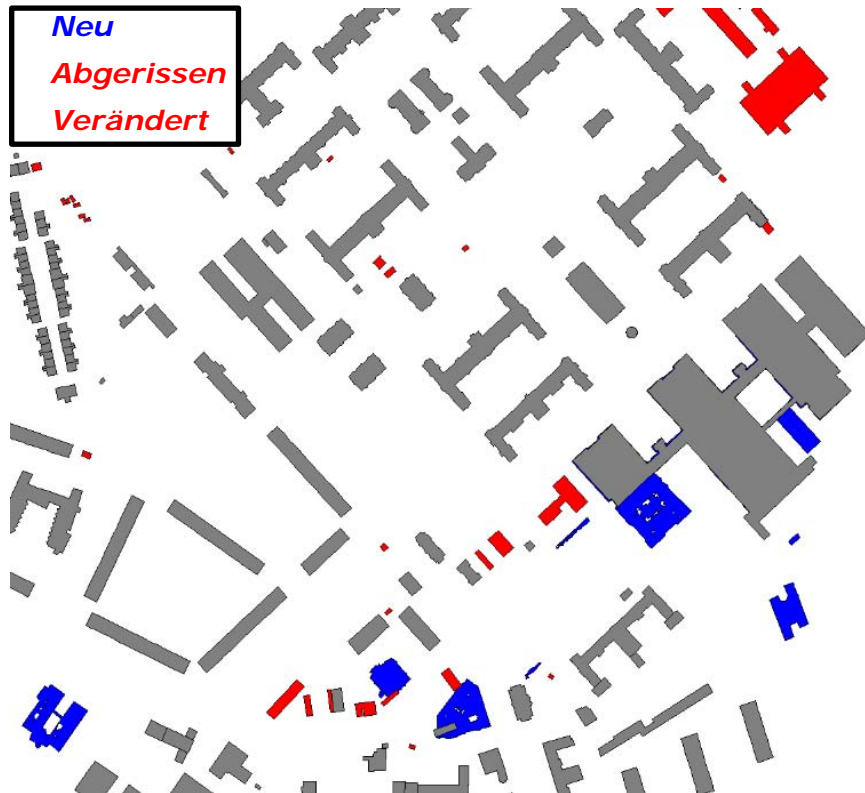
- Ergebnisse: Neue, abgerissene und veränderte Bauwerke



Vergleich Gebäudebestand altes 3D-Stadtmodell und neues 3D-Stadtmodell.

Beispiel - Aktualisierung 3D-Stadtmodell Berlin

- Ergebnisse: Neue, abgerissene und veränderte Bauwerke

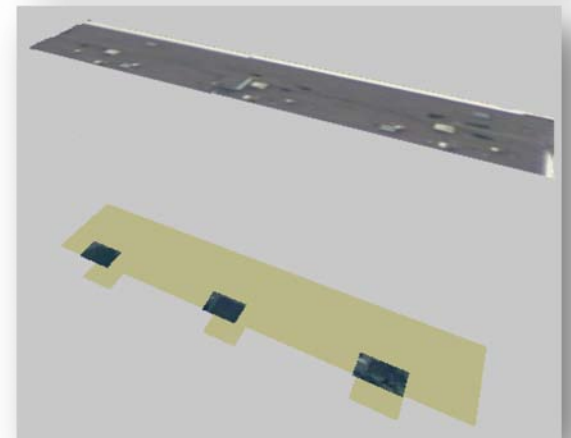


Vergleich Gebäudebestand altes 3D-Stadtmodell und neues 3D-Stadtmodell.

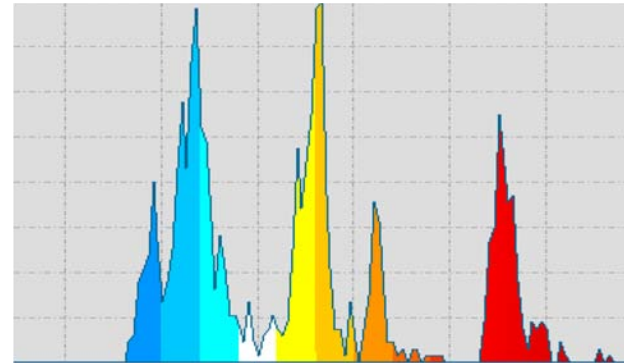
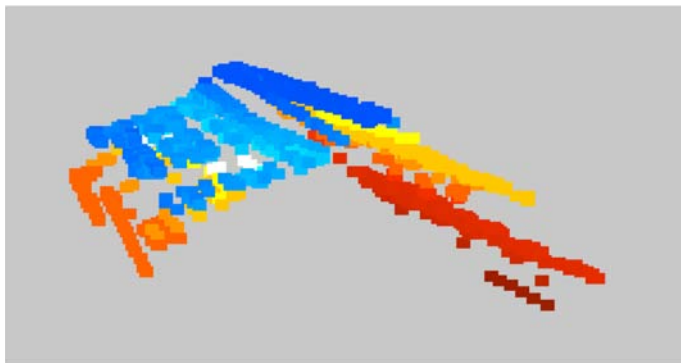
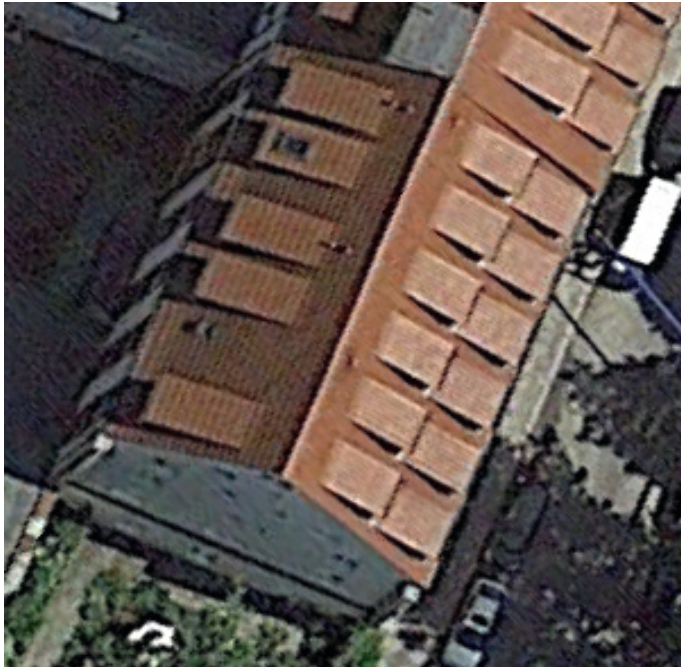
Ergebnisse:

- Alter Datenbestand: 527.301 Gebäude
- Neuer Datenbestand: 540.009 Gebäude
- Rechenzeiten:
 - Klassifikation:
0,33 Mrd. Punkte/Stunde
 - Veränderungsanalyse:
5,0 Mrd. Punkte/Stunde
 - Gesamtrechenzeit:
ca. 4 Wochen
 - Durch parallele Verarbeitung auf mehreren Rechnern kann die Rechenzeit weiter reduziert werden.

- Evaluierung von Dachgeometrie
 - Vergleich mit 3D-Punktwolken aus Befliegung
 - Erkennen von Abweichungen
- Evaluierung von Fassaden
 - Vergleich mit Mobile Mapping 3D-Punktwolken
 - Erkennen von Fassadenstrukturen



[<http://www.gdmc.nl/biljecki/phd/citygmllods-rotated-res-c-edges.png>]

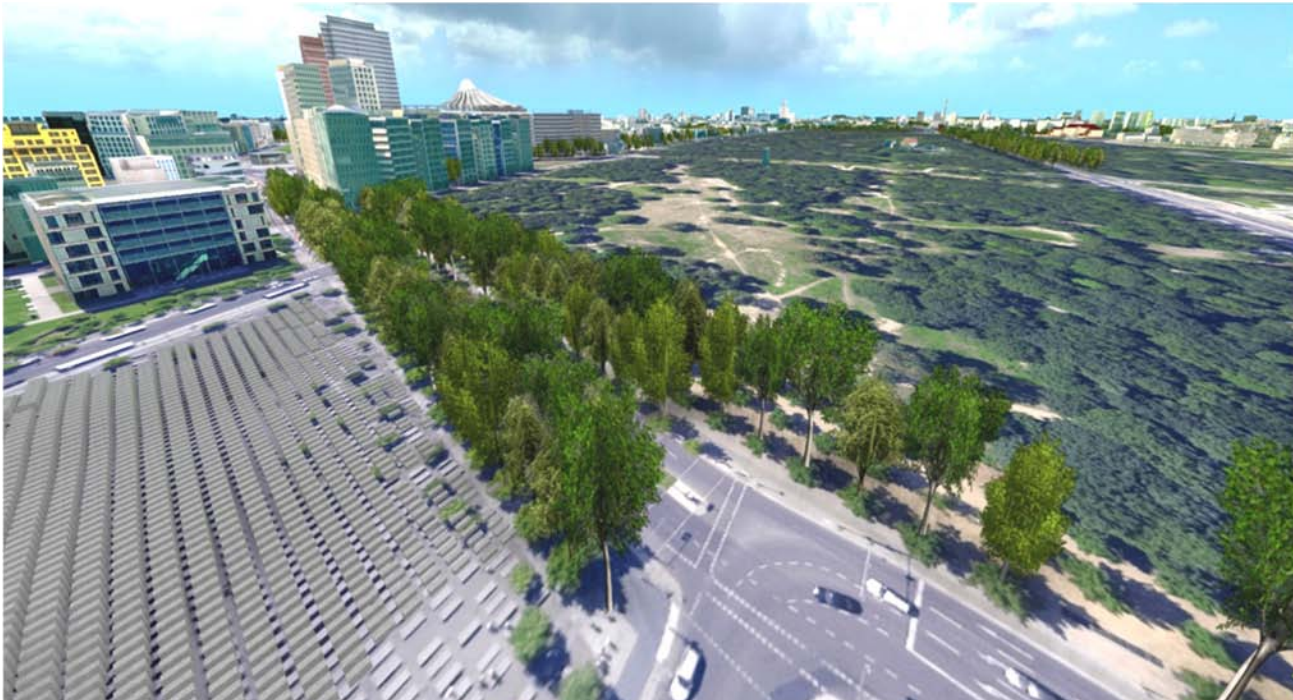


- Übertragen von Metriken auf 2D/3D Gebäudemodelle
- Mapping von thematischen Informationen, z.B.:
 - Modellqualität
 - Energieeffizienz
- Interaktive Exploration und Filterung der Daten
- Visualisierung im Kontext von weiteren Geodaten (z.B. 3D-Punktwolken)



3D-Stadtmodell visualisiert mit thematischen Informationen.

- Vegetation ist ein wichtiger Bestandteil für ein ansprechendes und hochwertiges Erscheinungsbild von 3D-Stadtmodellen.
- 3D-Stadtmodelle beinhalten oft nur Vegetationsmodelle für Bäume aus dem Baumkataster (z.B. Straßenbäume).
- Parkanlagen, Wälder und Hinterhöfe sind oft unzureichend kartiert.



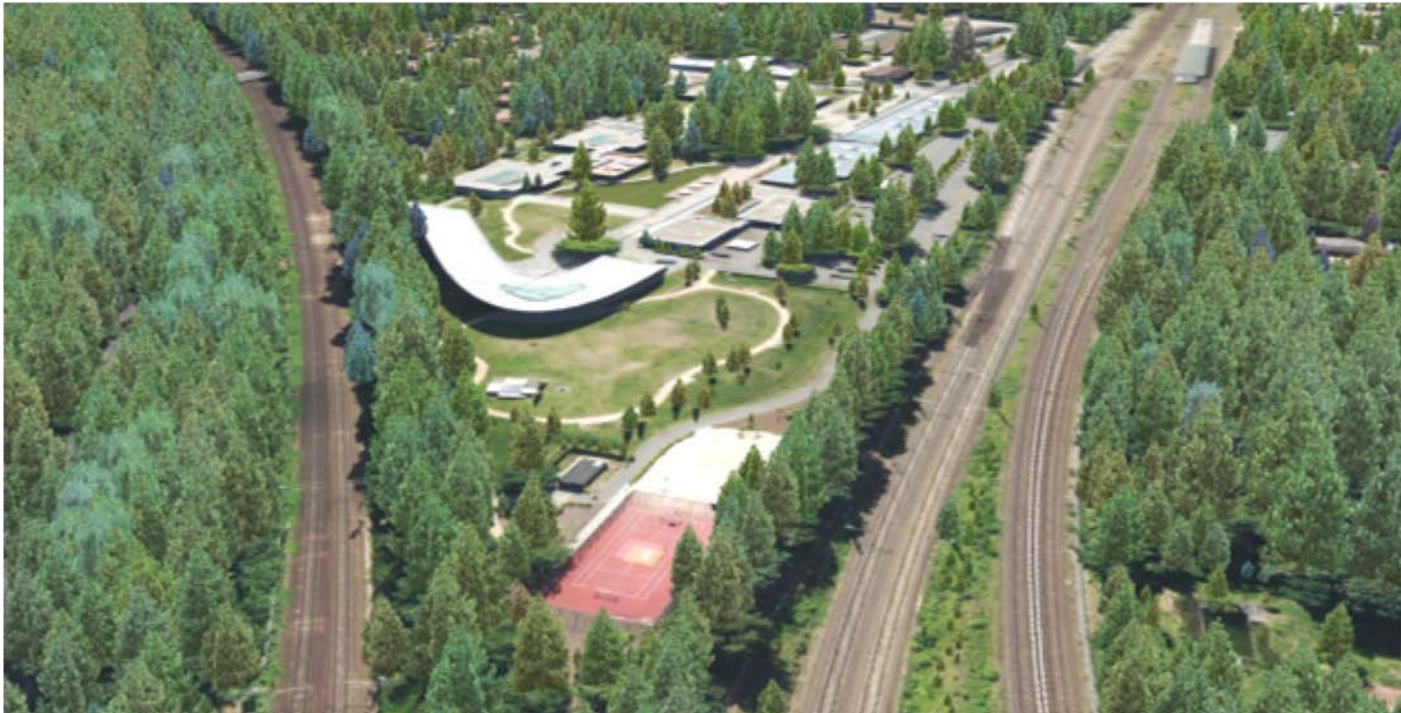
3D-Stadtmodell dargestellt mit Straßenbäumen.

- Klassifizierte 3D-Punktwolken können für die Ableitung von Baumstandorten verwendet werden.
- Automatisierte Evaluierung und Erstellung eines Baumkatasters
 - Kennzahlen: Höhe, Volumen, Farbe, Hauptspezies



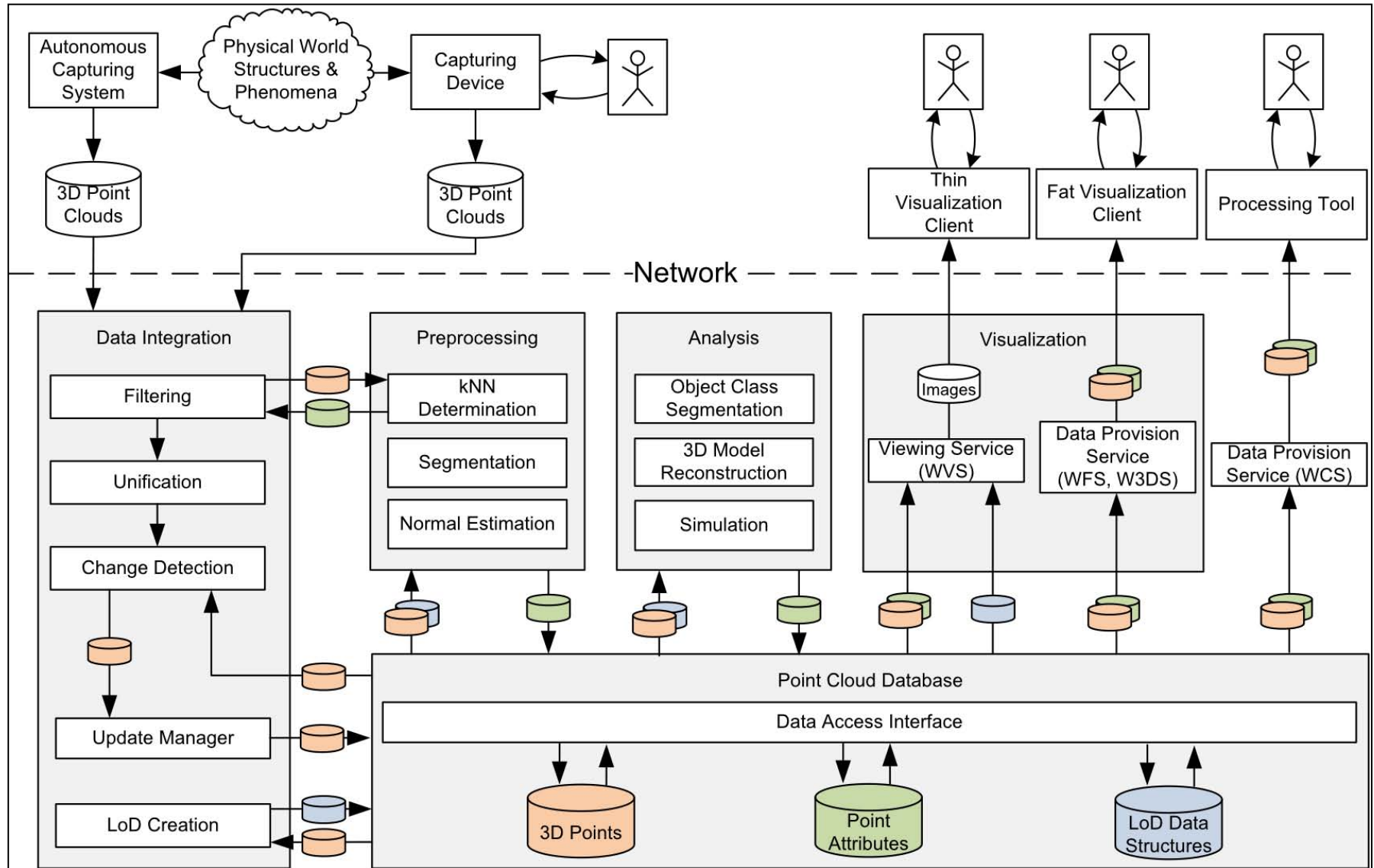
Extrahierte Einzelbäume durch die Analyse der 3D-Punktwolke.

- Visualisierung im Kontext von 3D-Stadtmodellen
 - Echtzeit-Darstellung von mehreren 100.000 Bäumen
 - Individuelle Parametrisierung auf Basis der realen Erscheinung (Form, Farbe)



Extrahierte Einzelbäume durch die Analyse der 3D-Punktwolke.

3D-Punktwolken – Infrastrukturkonzept für Web-Services



- Zukünftige Entwicklungen:
 - Günstige Erfassungshardware (z.B. Scanner, Kameras)
 - Autonom agierende Erfassungssysteme (z.B. Fahrzeugflotten)
 - Breites Spektrum an thematischen Daten
 - Steigende Datendichte und Datenqualität
 - Massiv wachsendes Datenaufkommen
- IT-Systeme und Anwendungen werden mit Daten einer **ubiquitäre Erfassung** konfrontiert, die ein **kontinuierliches, redundantes** und **flächendeckendes** Abbild der Realität darstellen.
- Anforderungen:
 - Skalierbare und effiziente IT-Lösungen für die Bereitstellung, Analyse und Visualisierung
 - Kontinuierliche Fortführung von Datenbeständen
 - Keine Größenbeschränkung für die Eingabedaten
 - Schnittstellen für die Integration in bestehende Workflows, GIS-Systeme und Web-Services

Projektpartner

Unterstützt von:



Senatsverwaltung
für Wirtschaft, Technologie
und Forschung



Das Berliner 3D-Stadtmodell wurde durch den Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit! Fragen? Anmerkungen?

Rico Richter

rico.richter@hpi.de

Lehrstuhl für Computergrafische Systeme

Prof. Dr. Jürgen Döllner

www.hpi3d.de