

# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und  
-automatisierung IFF, Magdeburg

16. Dezember 2021, BIM-Forum

GEO-METRIK-Ingenieurgesellschaft  
mbH Stendal & Fraunhofer IFF Magdeburg

Dipl.-Ing. Nicole Mencke



# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## AGENDA

1. Motivation

2. Ziel und Lösungsansatz



3. Prozess und seine einzelnen Schritte

4. Architekturmodell

5. LIVE-Demo

6. Zusammenfassung und Ausblick

# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## MOTIVATION

- Besondere Bedeutung für „Digitalisierung“ und „Vernetzung“
- Digitale Kompetenzen für KMU entscheidender Wettbewerbsvorteil
- **GEO-METRIK-Ingenieurgesellschaft mbH Stendal:** Experte im Bereich der Vermessung, Photogrammetrie und 3D-Scans
- Wertschöpfungskette endet aktuell bei der Übergabe der Rohdaten an den Kunden
- **Fraunhofer IFF** arbeitet in verschiedenen Forschungs- und Industrieprojekten mit den Technologien der Virtuellen Realität
- Basis der Visualisierungen sind 3D-Modelle  
→ aufwändige, oft manuelle Erstellung notwendig



# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## ZIEL UND LÖSUNGSDIEE

### Ziel:

- Entwicklung eines semiautomatischen Workflows zur Erzeugung von 3D-Objekten aus verschiedenen Geodaten
- Manuelle Aufwände zur Aufbereitung und Erstellung reduzieren
- Hohe Qualität der generierten 3D-Objekte

### Idee:

- Kombination und Neuentwicklung von Verfahren und Werkzeugen
- Verwendung von Algorithmen des Maschinellen Lernens
- Verwendung von verschiedenen Geodaten zur Objekterzeugung





# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## ANFORDERUNGEN I

Kategorie	Anforderung	Beschreibung/ Details
Ausgangsdaten	Orthofoto	GEO-TIFF
Ausgangsdaten	DGM	xyz-Koordinaten
Ausgangsdaten	Punktwolke	E57-Dateien, las- oder xyz-Koordinaten
Ausgangsdaten	DOM	Liste der xyz-Koordinaten, GEO-TIFF-Datei
Ausgangsdaten	Gebäudemodelle	City-GML
Ausgangsdaten	BIM	ifc, cpixml, 3D-DXF, obj
Ausgangsdaten	Straßenverläufe	OpenStreetMap im XML-Format, GEO-TIFF, WFS, geojson-Format
Ausgangsdaten	Schienenverläufe	OpenRailwayMap im XML-Format, GEO-TIFF, WFS, geojson-Format
Ausgangsdaten	Grundstücksgrenzen	Digitale Stadtgrundkarte im Shape-Format, GEO-TIFF, WFS, geojson-Format
Ausgangsdaten	Topografiekarten	OpenTopoMap im XML-Format, GEO-TIFF, WFS
Ausgangsdaten	Baumkataster	shape-Dateien
Ausgangsdaten	georef. Einzelaufnahmen	jpg-Dateien
Ausgangsdaten	Fotografien	(jpg-, png-, ... Dateien)
Ausgangsdaten	Vermessungsdaten	(DXF-Format, Shape-Format, geojson-Format)
Allgemein	lizenzfreie Software	
Allgemein	Schnittstellen Datenimporte	*fbx, *obj, *xyz, *dxf, *3D-DXF, *xml, *las, evtl. *ifc
Allgemein	Schnittstellen Ausgabemedien	
Allgemein	Erweiterbarkeit der Software durch Programmierung	
Allgemein	Modularisierung der Architektur und Software für neue ML-Algorithmen, neue 3D-Objektklassen etc.	

ML-Anforderungen	ML-Algorithmen zur Punktklassifikation ermitteln und bewerten	
ML-Anforderungen	ML-Algorithmen zur Objektgenerierung ermitteln und bewerten	
ML-Anforderungen	ML-Algorithmen zur Texturgenerierung ermitteln und bewerten	
ML-Anforderungen	ML-Algorithmen zur Punktklassifikation neu erarbeiten	
ML-Anforderungen	ML-Algorithmen zur Objektgenerierung neu erarbeiten	
ML-Anforderungen	ML-Algorithmen zur Texturgenerierung neu erarbeiten	
ML-Anforderungen	Implementierung der positiv bewerteten und neu erarbeiteten ML-Algorithmen	
ML-Anforderungen	Erweiterung Algorithmen Punktklassifikation um Datennutzung aus zusätzlichen Quellen (Orthofotos, 3D-Gebäudemodelle, ...)	
ML-Anforderungen	Erweiterung Algorithmen Objektgenerierung um Datennutzung aus zusätzlichen Quellen (Orthofotos, 3D-Gebäudemodelle, Datenbanken, ...)	
ML-Anforderungen	Erweiterung Algorithmen Texturgenerierung um Datennutzung aus zusätzlichen Quellen (Orthofotos, 3D-Gebäudemodelle, Datenbanken, ...)	
ML-Anforderungen	Schaffung von Möglichkeiten zum Training der Algorithmen	
ML-Anforderungen	Bewertungsmöglichkeiten der Datengrundlage schaffen	
ML-Anforderungen	Verkettbarkeit der Algorithmen herstellen, um Automatisierungsgrad zu erhöhen	

# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## ANFORDERUNGEN II

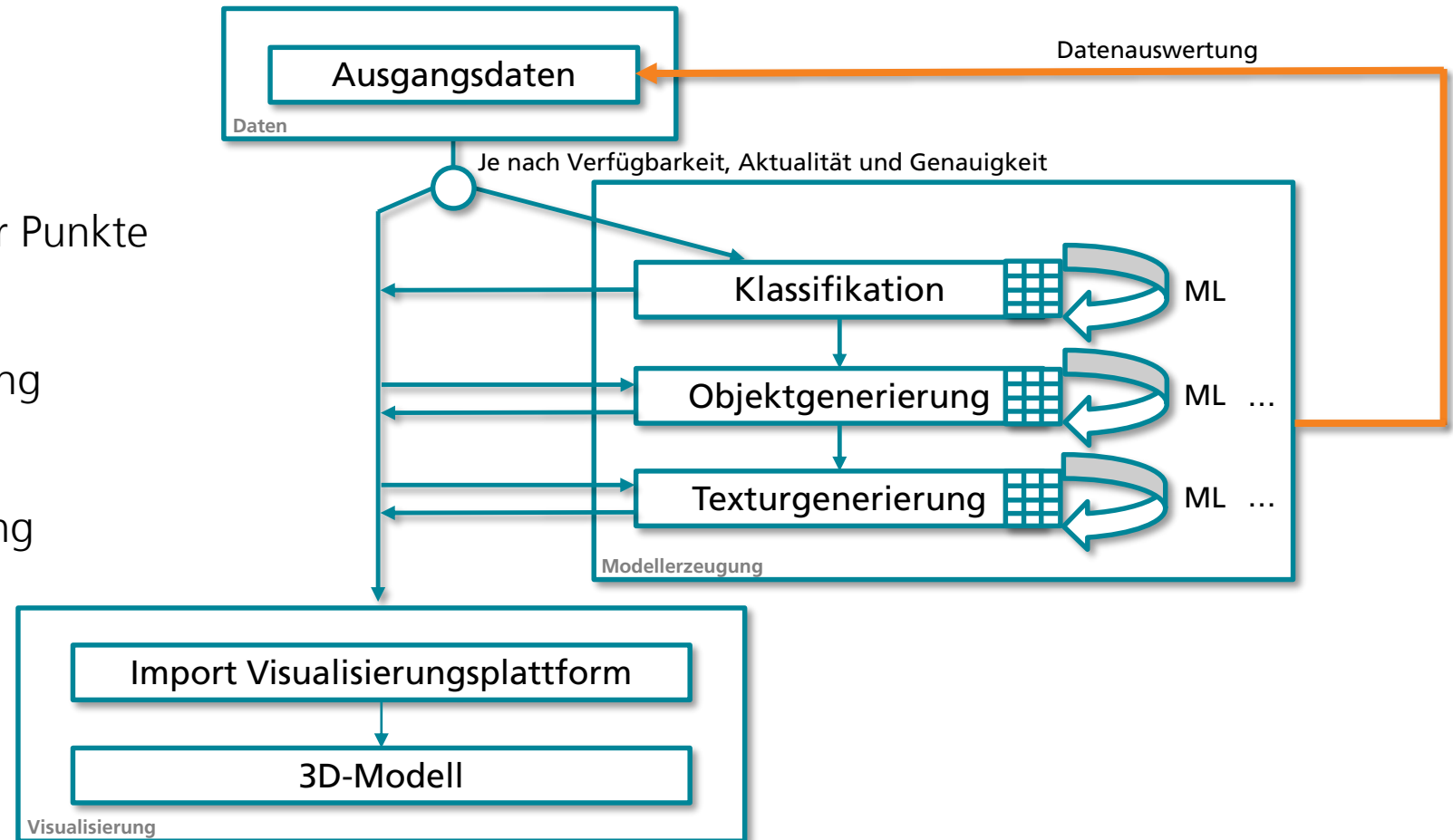
Visualisierung	möglichst geringes Datenvolumen (im Endformat und in Abhängigkeit vom Ausgabemedium)	
Visualisierung	ansprechende Visualisierung	
Visualisierung	hohe Frameraten	
Visualisierung	performante Darstellung	
Visualisierung	unterschiedliche Darstellungsformen (z. B. AR, VR)	
Visualisierung (untersch. Ausgabemedien)	3D-Fernseher	
	normaler Bildschirm	
	Tablet	
	Smartphone	
	VR-Brille	
Funktionen	verschiedene Navigationsmodi (in Abhängigkeit vom ausgewählten Präsentationsmedium)	
Funktionen	Mappen von 2D-Objekten auf 3D-Oberfläche bzw. -modell	
Funktionen - Autor	verschiedene Qualitätsstufen der Modelle (semiautomatische Reduzierungsvorgänge)	keine Veränderung an den Vektor- und Sachdaten, Möglichkeit zur Reduzierung der Rasterdaten
Funktionen - Autor	Anzeige von Metainformationen (BIM)	GEO-METRIK legt fest, welche Informationen dem Kunden angezeigt werden
Funktionen - Autor	Layerstruktur	deren genauer Aufbau wird später geklärt
Funktionen - Autor	Objektverwaltung	Möglichkeit zur Erstellung einer eigenen Hierarchie (Gruppierungen von Objekten)
Funktionen - Nutzer	Einstellen verschiedener Transparenzstufen	
Funktionen - Nutzer	verschiedene Ansichten (Würfel)	verschiedene Ansichten inklusive Zurückbutton zur Startansicht

Funktionen - Nutzer	Messfunktion zum Bestimmen von u. a. Abständen, Höhen	
Funktionen - Autor u. Nutzer	Screenshots erstellen in verschiedenen Formaten und Auflösungsstufen	
Funktionen - Autor u. Nutzer	Ein- und Ausblenden von Objekten / Layern	
Funktionen - Autor u. Nutzer	Lichteinstellungen inklusive Schattenwurf	Einstellen der Tages- und Nachtzeit Schattenberechnungen in Abhängigkeit von der Zeit
GUI	leicht zu bedienen	
GUI	Bedienoberfläche im modernen Design	
GUI	Fokus auf die Hauptfunktionen	
GUI	Layoutanpassung auf Design von GEO-METRIK	
GUI	Menüoptionen gemäß Nutzung anbieten - Eingangsoptionen zum Einstellen - während der Nutzung auf ein Minimum reduzieren (Präsentation im Fokus)	
GUI	Vorschaufunktion für Optionseinstellungen	

# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## PROZESS

1. Ausgangsdaten und (ggf. optional) Datenvorverarbeitung
2. Modellerzeugung: Klassifikation der Punkte
3. Modellerzeugung: Objektgenerierung
4. Modellerzeugung: Texturgenerierung
5. Visualisierungsumgebung

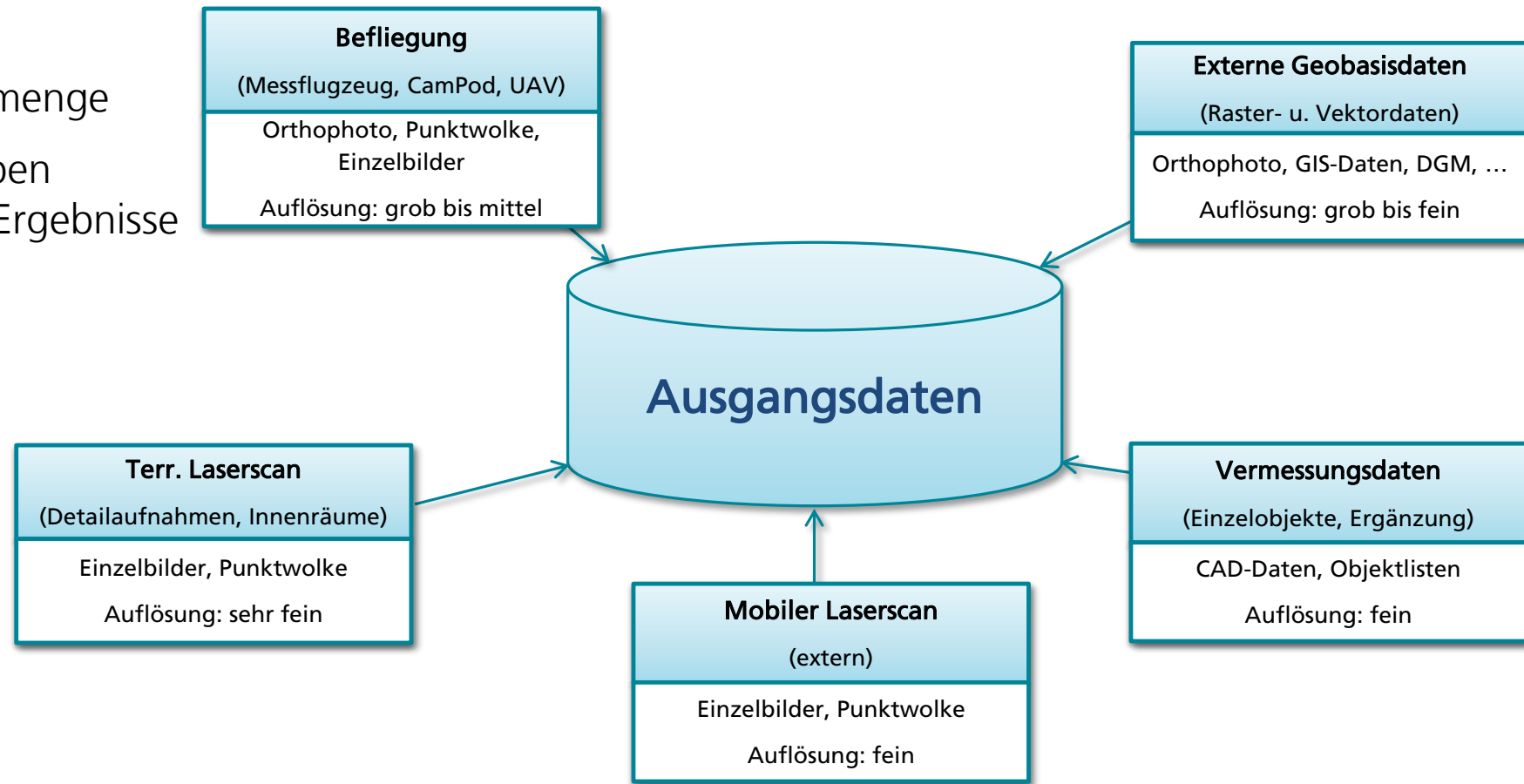


# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 1.1. AUSGANGSDATEN

- ML-Technologie erfordert repräsentative, große Datenmenge
- Daten und deren Menge haben Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse

Datentyp	Format
Orthophoto	geotif
Georeferenzierte Einzelbilder	geotif
Punktwolke	las
CAD-Daten	dxf, dwg,
GIS-Daten	shp, geojson
Top-Karte	geotif
DGM	xyz (ascii), reb, geotif
Gebäude	Citygml, shape

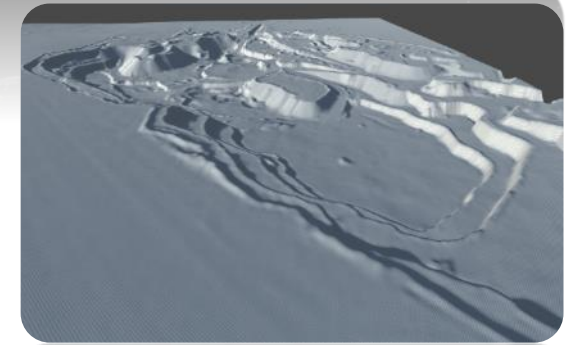
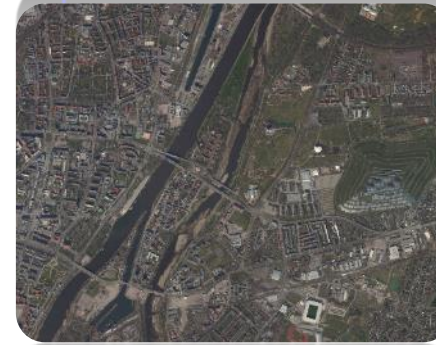
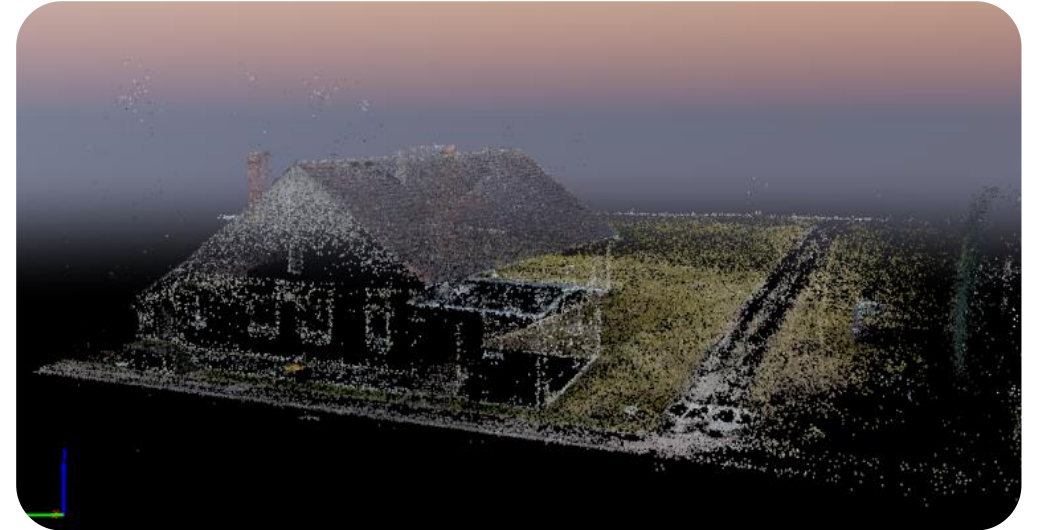




# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 1.2. DATENVORVERARBEITUNG

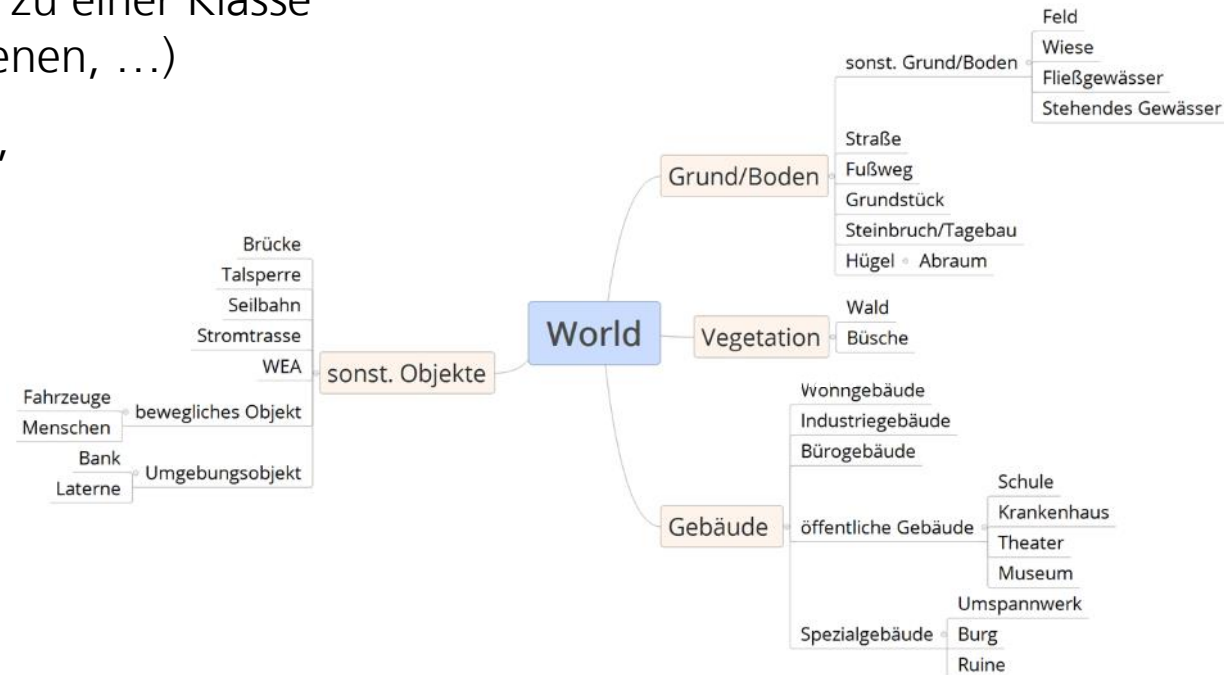
- Prüfung, ob eine Vorverarbeitung für die ML-Technologien notwendig ist (ggfs. bessere Ergebnisse mit den Rohdatensätzen möglich)
- Aufteilung in kleinere Kacheln bei sehr großen Datenmengen
- Datenaufnahmefehler korrigieren (z. B. Farbfehler, falsches Koordinatensystem, Ausreißer, ...)
- Berechnung der Punktwolken und Orthofotos mit Pix4D und Referenzierung der Laserscanstandpunkte aus den georeferenzierten Luftbildern (Schräg- und Senkrechtaufnahmen), der Passpunktsignalisierung und –messung sowie den Ergänzungsmessungen (terr. Laserscanner, Tachymeter oder GNSS-Empfänger)



# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 2. MODELLERZEUGUNG - KLASSIFIKATION DER PUNKTE

- Zu jedem Punkt existieren eine Georeferenz und ein Farbwert
- Zuordnung der einzelnen Punkte anhand der Merkmale zu einer Klasse (Grund und Boden, Straßen, Fahrzeuge, Gebäude, Schienen, ...)
- U. a. Verwendung der Algorithmen k-Nearest-Neighbor, RANSAC, MSAC, ... zur Klassifikation
  - In Abhängigkeit von der Klasse, deren Merkmalen und der Qualität der Ausgangsdaten lassen sich unterschiedlich gute Ergebnisse erzielen
    - Grund und Boden sehr gut automatisch klassifizierbar
    - Gebäude gut automatisch klassifizierbar
    - Vegetation, Straßen und sonstige Objekte benötigen noch manuelle Unterstützung und sind noch recht fehleranfällig in der automatischen Klassifikation



# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 2. MODELLERZEUGUNG - KLASSIFIKATION DER PUNKTE

- Zu jedem Punkt existieren eine Georeferenz und ein Farbwert
- Zuordnung der einzelnen Punkte anhand der Merkmale zu einer Klasse (Grund und Boden, Straßen, Fahrzeuge, Gebäude, Schienen, ...)
- U. a. Verwendung der Algorithmen k-Nearest-Neighbor, RANSAC, MSAC, ... zur Klassifikation
  - In Abhängigkeit von der Klasse, deren Merkmalen und der Qualität der Ausgangsdaten lassen sich unterschiedlich gute Ergebnisse erzielen
    - Grund und Boden sehr gut automatisch klassifizierbar
    - Gebäude gut automatisch klassifizierbar
    - Vegetation, Straßen und sonstige Objekte benötigen noch manuelle Unterstützung und sind noch recht fehleranfällig in der automatischen Klassifikation

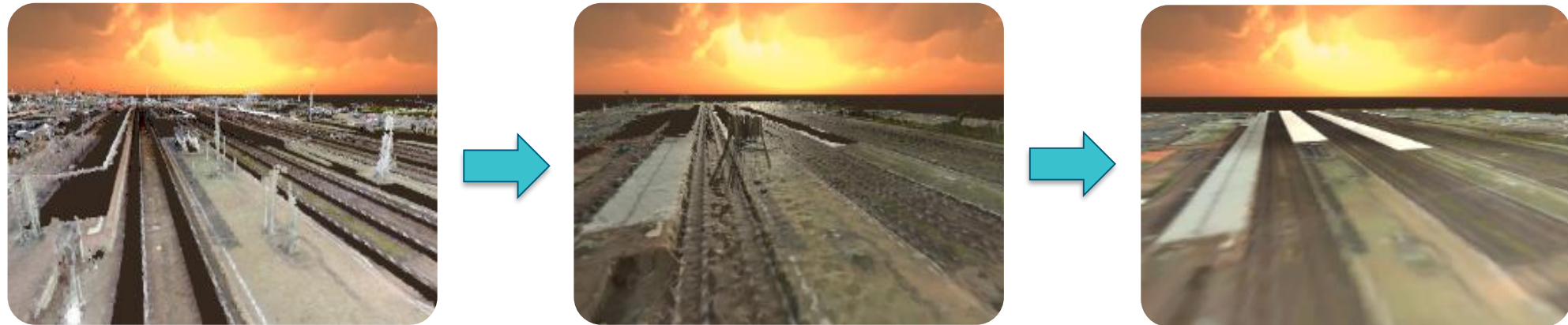




# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 3. MODELLERZEUGUNG – OBJEKTGENERIERUNG I

- Zunächst Rekonstruktion der Objekte auf Basis der klassifizierten Punktwolke
- Verwendung von Rekonstruktionsfunktionen, Triangulierungs-, Vereinfachungs- und Glättungsalgorithmen
  - Ergebnisse der Rekonstruktion von Grund und Boden:
    - Automatische Rekonstruktion der Oberfläche zeigt schlechte Ergebnisse
    - Zusätzliche Verwendung von DGM und DOP liefert bessere Qualität
    - Integration von DGM und DOP in den automatischen Rekonstruktionsalgorithmus



# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 3. MODELLERZEUGUNG – OBJEKTGENERIERUNG II

- Ergebnisse der Rekonstruktion der Schienen:
  - Zu Testzwecken Generierung der Schienen auf Basis des Orthofotos und über Methoden des Maschinellen Lernens
  - Automatisierte Vorgehensweise mit sehr guten Ergebnissen
  - Nur wenig manuelle Nacharbeiten im Bereich der Schienenübergänge erforderlich
  - Verwendung weiterer Algorithmen zur Optimierung der Ergebnisse und Übertragung der Vorgehensweise auf andere Bereiche z. Bsp. Straßen

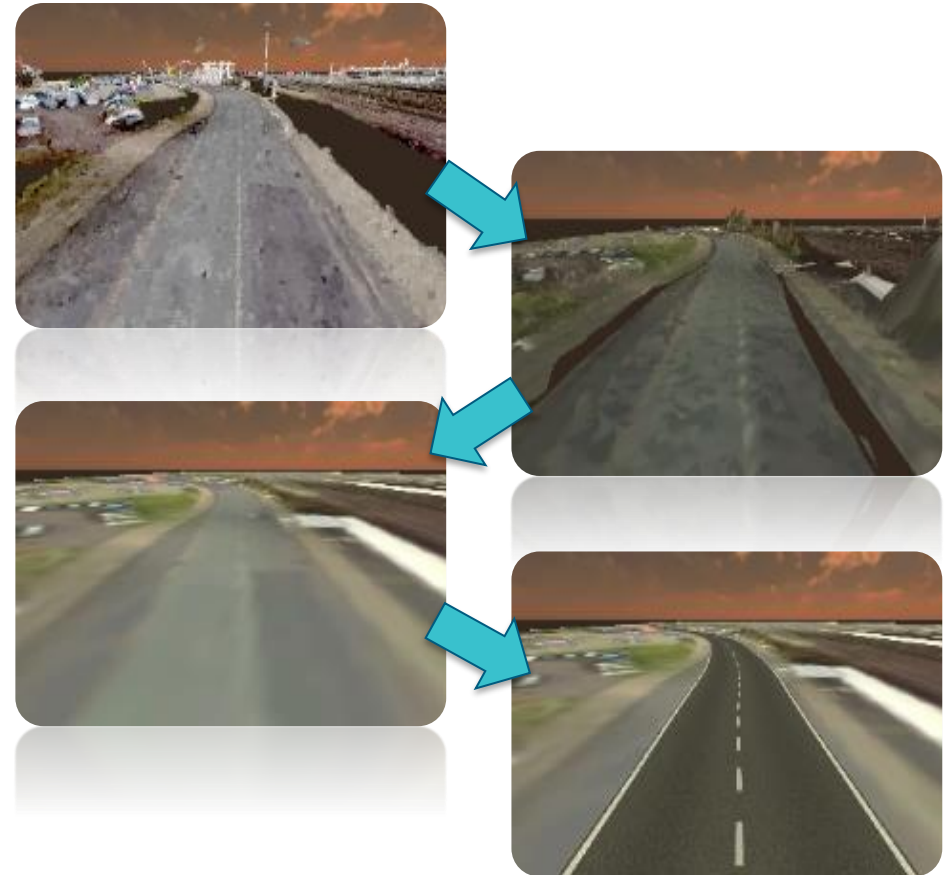




# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 3. MODELLERZEUGUNG – OBJEKTGENERIERUNG III

- Ergebnisse der Rekonstruktion der Straßen:
  - Automatische Generierung der Straßen nur anhand der Punktwolke ist schwierig, da die Oberfläche sehr unregelmäßig ist und viele Ausreißer nach oben verzeichnet → Ausreißer durch verschiedene Treshold- und Smoothingalgorithmen geglättet bzw. teilweise entfernt
  - Straßenverlauf aufgrund der Luftbildqualität verwaschen und ungenau zu erkennen
  - Verwendung von Punktwolke und ML-Algorithmen auf dem Luftbild zur automatischen Erkennung der Straßenzüge, Verwendung von Open-Street-Map als Trainingsvorlage
  - Differenzierung von 4 verschiedenen Straßentypen



# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 3. MODELLERZEUGUNG – OBJEKTGENERIERUNG IV

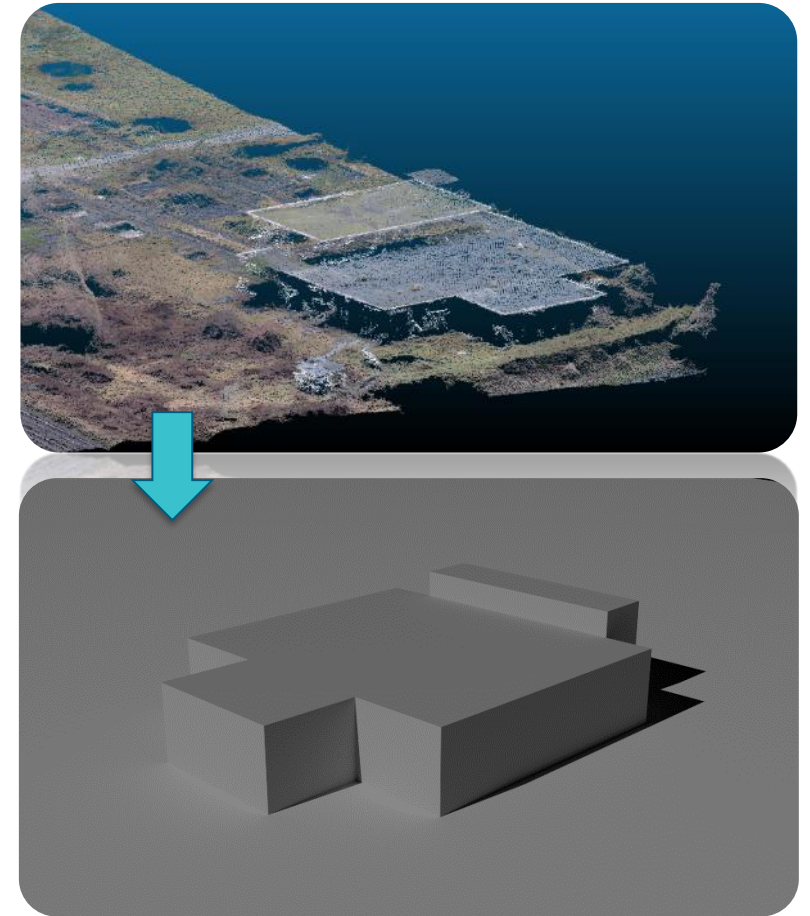
- Ergebnisse der Rekonstruktion der Gebäude:
  - Herausforderung: Aufnahmeverfahren der Punktwolken führt zu Löchern in den Wänden (führt zu Rekonstruktionsproblemen)
  - aus der Punktwolke werden mittels ML-Algorithmen und Optimierungsverfahren die Dachflächen detektiert, über die Höhenunterschiede lassen sich die Wandpositionen herausfinden, diese werden dann ausgehend vom Grundriss senkrecht erstellt, um das Gebäude zu schließen
  - Farbwerte der Punktwolke nicht ausreichend, um daraus eine Textur zu generieren → für fotorealistische Qualität zusätzliche Fotoaufnahmen von den Fassaden erforderlich
  - Weitere Optimierung der Ergebnisse durch zusätzlichen Abgleich mit den Grundrissen und Gebäudedaten in LoD2



# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 3. MODELLERZEUGUNG – OBJEKTGENERIERUNG IV

- Ergebnisse der Rekonstruktion der Gebäude:
  - Herausforderung: Aufnahmeverfahren der Punktwolken führt zu Löchern in den Wänden (führt zu Rekonstruktionsproblemen)
  - aus der Punktwolke werden mittels ML-Algorithmen und Optimierungsverfahren die Dachflächen detektiert, über die Höhenunterschiede lassen sich die Wandpositionen herausfinden, diese werden dann ausgehend vom Grundriss senkrecht erstellt, um das Gebäude zu schließen
  - Farbwerte der Punktwolke nicht ausreichend, um daraus eine Textur zu generieren → für fotorealistische Qualität zusätzliche Fotoaufnahmen von den Fassaden erforderlich
  - Weitere Optimierung der Ergebnisse durch zusätzlichen Abgleich mit den Grundrissen und Gebäudedaten in LoD2

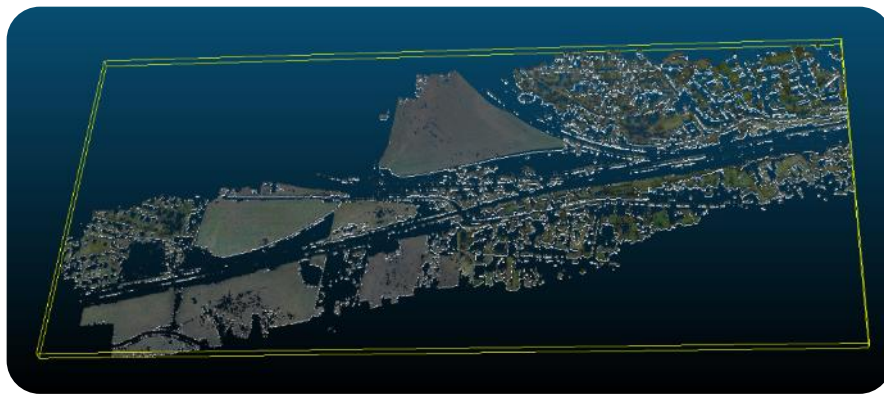




# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 3. MODELLERZEUGUNG – OBJEKTGENERIERUNG V

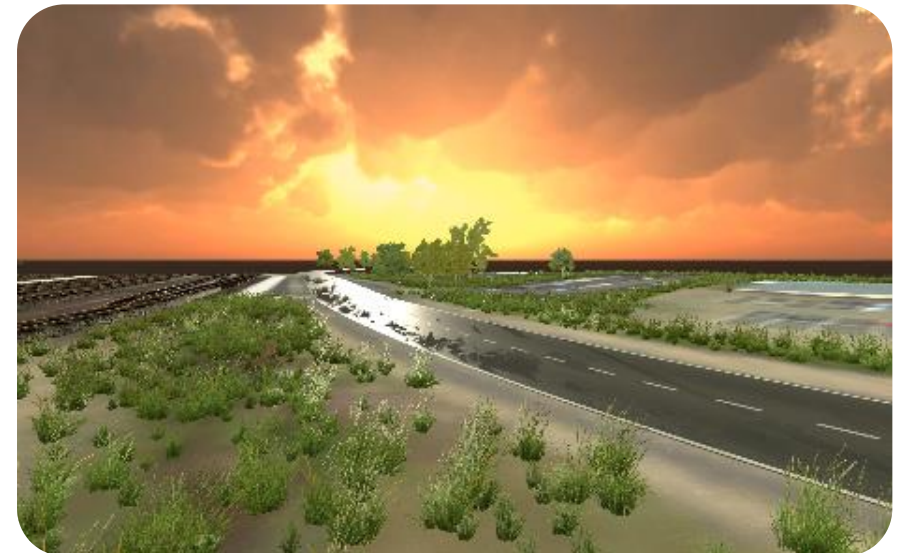
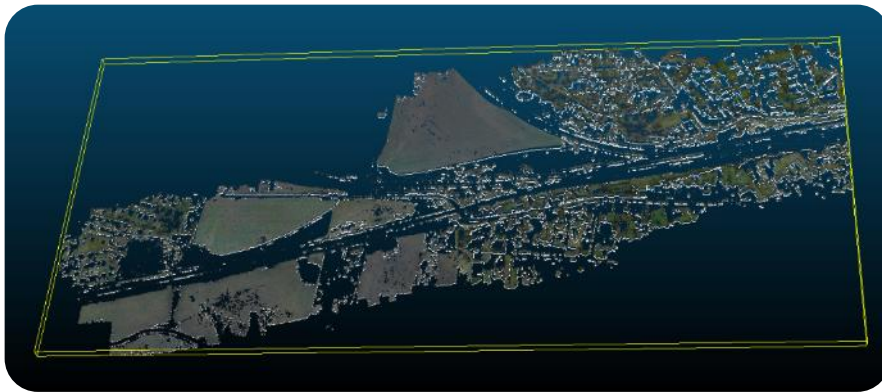
- Ergebnisse der Rekonstruktion der Vegetation:
  - Ausgangsbasis:
    - ✓ klassifizierte Vegetation auf Basis des Farbwertes und des Abstands der Punkte zum Geländemodell
    - ✓ Schwellwerte für die Differenzierung in Gras, Büsche und Sträucher, Bäume
  - Automatisierung Vegetationsplatzierung
  - ML-Algorithmen für die Identifikation von Baumarten, etc.
  - Integration von Verfahren zur Geometriereduzierung



# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 3. MODELLERZEUGUNG – OBJEKTGENERIERUNG V

- Ergebnisse der Rekonstruktion der Vegetation:
  - Ausgangsbasis:
    - ✓ klassifizierte Vegetation auf Basis des Farbwertes und des Abstands der Punkte zum Geländemodell
    - ✓ Schwellwerte für die Differenzierung in Gras, Büsche und Sträucher, Bäume
  - Automatisierung Vegetationsplatzierung
  - ML-Algorithmen für die Identifikation von Baumarten, etc.
  - Integration von Verfahren zur Geometriereduzierung





# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 4. MODELLERZEUGUNG – TEXTURGENERIERUNG

– Ergebnisse:

- (Semi)automatische Texturgenerierung anhand der Farbwerte liefert weniger gute Ergebnisse, da die Anzahl der Punkte der Punktwolke nicht ausreichend ist
- Zusätzliche Verwendung von Fotoaufnahmen und mobilen Scannerdaten zur Texturverbesserung
- Weitere Optimierung durch:
  - Nutzung von Rohdaten größere Anzahl an Farbwerten vorhanden; größere Texturbibliothek aufbauen
  - Auswahl aus Texturbibliothek:
    - ✓ Manuelle Selektion durch den Nutzer
    - ✓ Automatische Vorauswahl vom System durch Auswertung der vorhandenen Farbwerte
  - Textursynthese mittels prozeduraler und vorlagenbasierter Verfahren:
    - ✓ Prozedural: freie Texturgenerierung
    - ✓ Vorlagenbasiert: Texturerzeugung durch Nachahmen einer Vorlage



# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## 5. VISUALISIERUNG

Überführung in eine geeignete, lizenzfreie Visualisierungssoftware (Unity) in Abhängigkeit von den Anforderungen

- keine Installation erforderlich, webfähig, High-End-Grafik, gute Performance
- Kompatibel mit VR-Brillen, mobile Variante leicht zu erstellen

Entwicklung eines Systems mit verschiedenen Rollen und Rechten

- Admin-Version für GEO-METRIK
- Kundenversion

Admin-Funktionalitäten

- Definition des Workflows
- Parametrisierung der ML-Algorithmen
- Durchführung des Workflows
- Zusammenstellen einer Kundenversion (Export)

Unterstützung der grafischen Anzeige der Daten (Ausgangsdaten, Zwischenergebnisse, Endergebnis)

Aufruf der einzelnen Workflow-Schritte über ein Steuerungsmodul

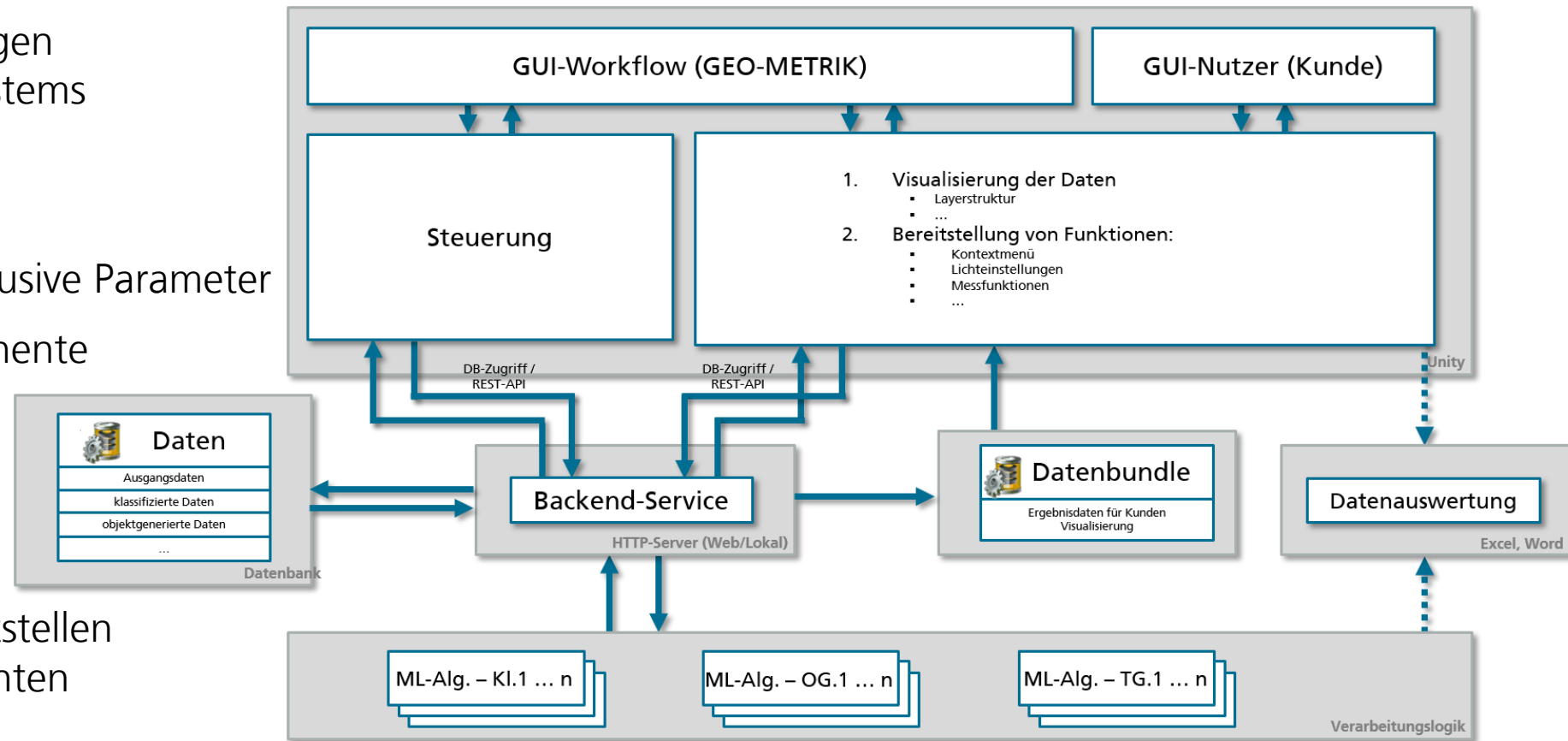
Allgemeine Funktionalitäten

- Anzeige der erzeugten Objekte im Visualisierungssystem
- Nutzung verschiedener Interaktionsfunktionen zur Navigation und Manipulation
- Menüführung

# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

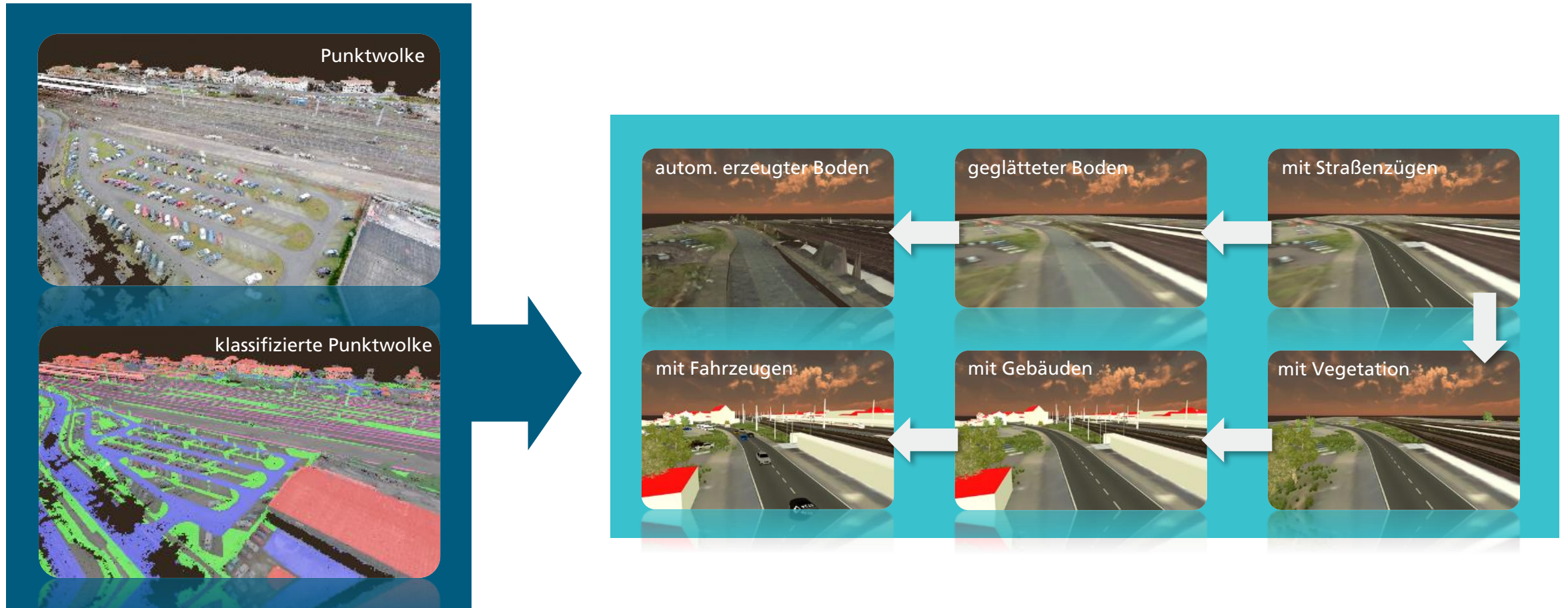
## ARCHITEKTURMODELL DER APPLIKATION

- Ableitung der notwendigen Komponenten des IT-Systems aus den Anforderungen
- Komponenten
  - ML-Algorithmen inklusive Parameter
  - Auswertungskomponente
  - Datenspeicherung
  - Datenpräsentation
  - Steuerungslogik
- Identifikation der Schnittstellen zwischen den Komponenten



# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

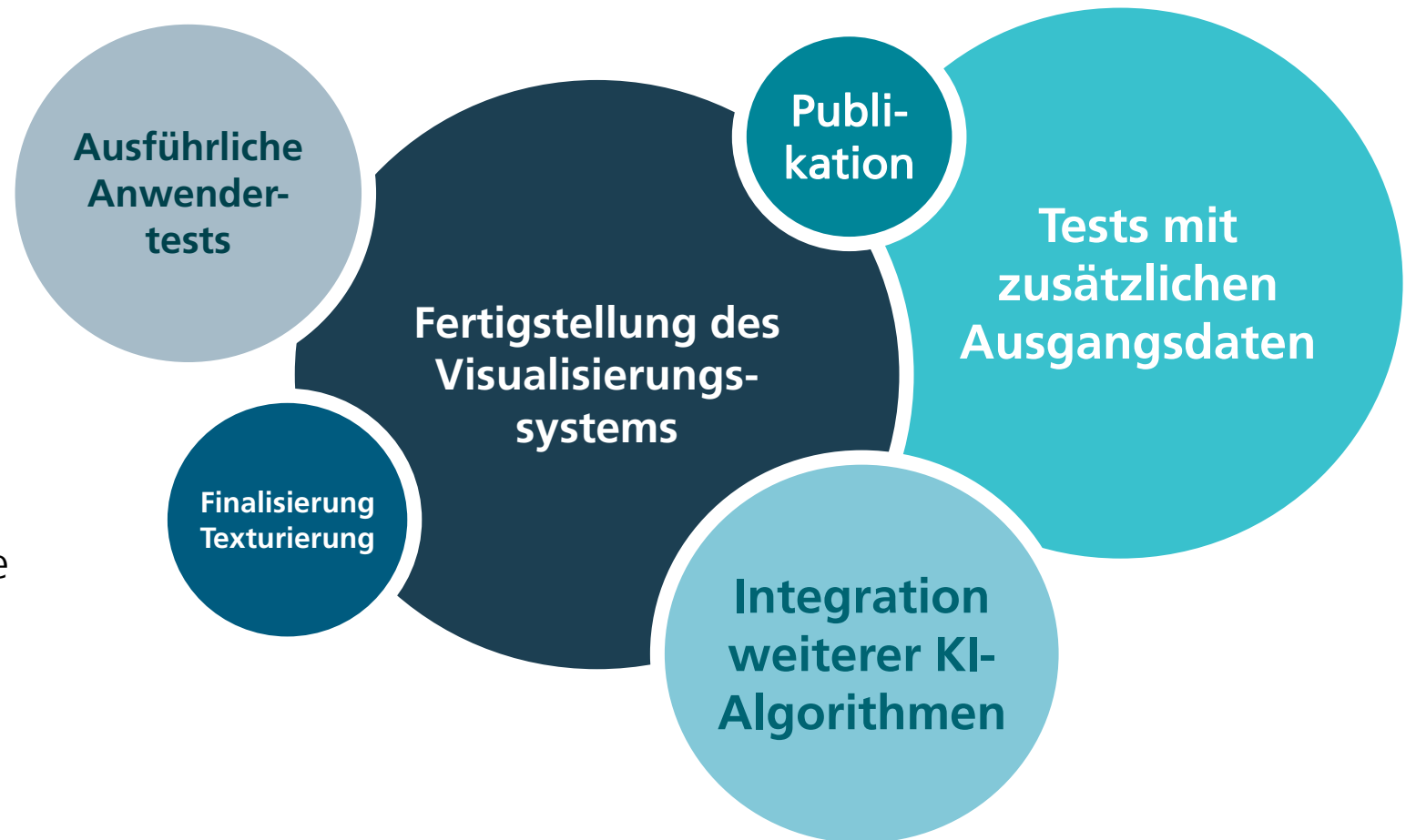
## LIVE-DEMO



# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

- Umfangreiche Anforderungsanalyse
- Definition des Workflows
- Rahmen für flexible, regelbasierte Einbindung der KI-Algorithmen
- Anpassbare und erweiterbare Menge von spezialisierten KI-Algorithmen
- Lösung für Dienstleister und Kunden





# 3D-OBJEKTIDENTIFIKATION IN GEODATEN

## VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

- Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und –automatisierung IFF Magdeburg  
Sandtorstraße 22  
D-39106 Magdeburg
- Kontakt:  
Dipl.-Ing. Nicole Mencke  
Tel.: +49 391– 40 90 147  
Mail: [Nicole.Mencke@iff.fraunhofer.de](mailto:Nicole.Mencke@iff.fraunhofer.de)

