

Parametrisierte Stadtmodelle für Fahrsimulatoren

Andreas Richter, Hartmut Friedl



Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft



• Forschungsbereiche

- Luftfahrt
- Raumfahrtforschung und -technologie
- Energie
- Verkehr
- Sicherheit

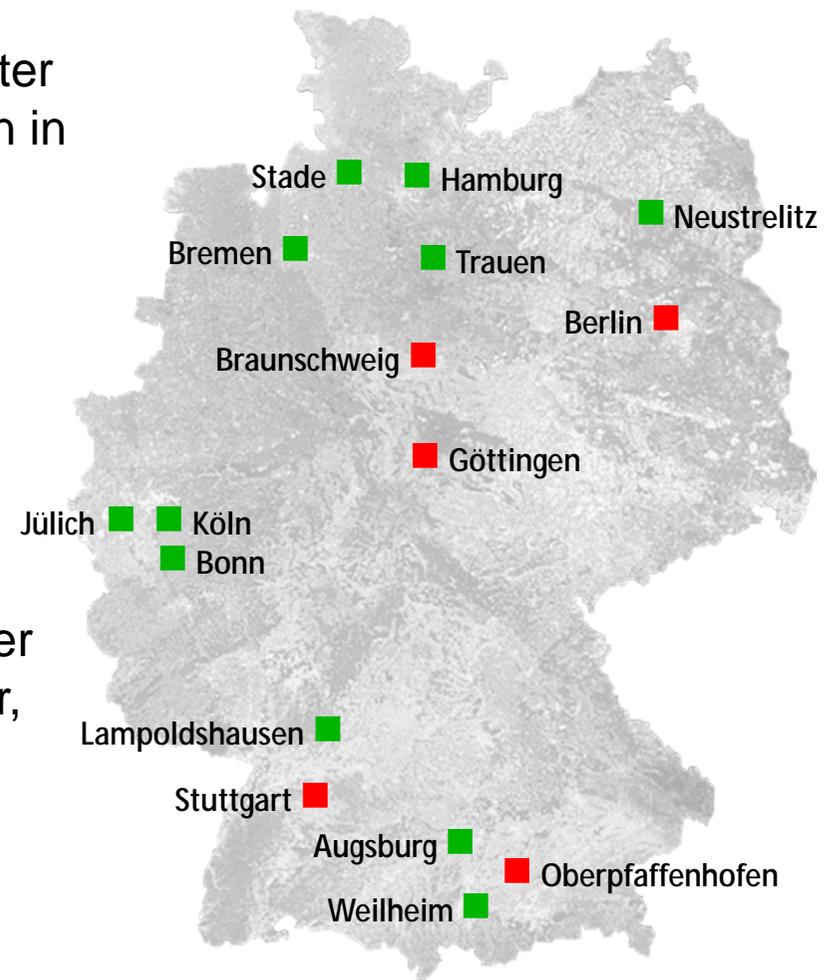
• Finanzierung und Fördervolumen

- 2009: 2.601 Mio. Euro
- 2010: 2.610 Mio. Euro
- 2011: 3.042 Mio. Euro
- 2012: 3.168 Mio. Euro
- 2013: 3.368 Mio. Euro



Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Standorte und Personal

- Circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten in 33 Instituten und Einrichtungen in
 - 16 Standorten
 - (■ Standorte mit Verkehrsinstituten)
- Büros in Brüssel, Paris, Washington und Tokyo
- **Forschungsetat: 846 Mio. EUR**
 - ca. 47% Bund (BMW, BMWF), Länder
 - ca. 53% Drittmittel (EU, Projektträger, eigene Erträge, Projektförderungen)



Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Institut für Verkehrssystemtechnik

- **Sitz:** Braunschweig, Berlin
- **Seit:** 2001
- **Leitung:** Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer
- **Mitarbeiter:** momentan über 150 Mitarbeiter aus verschiedenen wissenschaftlichen Bereichen
- **Forschungsgebiete:** Automotive
Bahnsysteme
Verkehrsmanagement
Intermodalität und ÖPNV
- **Aufgabenspektrum:** Grundlagenforschung
Erstellen von Konzepten und Strategien
Prototypische Entwicklungen
- **Qualität:** zertifiziert nach DIN EN ISO 9001 und VDA 6.2 sowie RailSiTe[®] gemäß ISO 17025



Abteilung Automotive

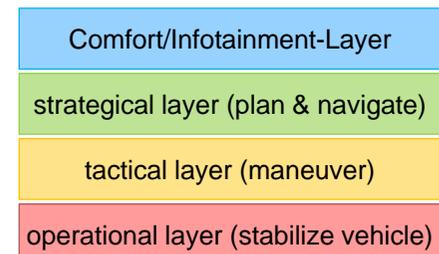
Forschungsschwerpunkte

- **Human Factors**
 - Unfallanalysen / Naturalistic Driving Studies
 - Mess- und Analysemethoden
 - Fahrermodellierung
- **Konzepte und Technologien**
 - Assistenz / Automation
 - Ergonomie / Design
 - Funktionsentwicklung
- **Simulatoren und Fahrzeuge**
 - gekoppelte statische & dynamische Simulatoren
 - Forschungsfahrzeugflotte
 - Testfelder: Anwendungsplattform
Intelligente Mobilität (AIM)



Abteilung Automotive Fahrzeugintelligenz

- Unterstützung des Fahrers
→ intelligentes Fahrer-Fahrzeug-System
- **Assistenz- und Automationssysteme:**
 - Erhöhung der Sicherheit und Effizienz, Schonung der Ressourcen, Zufriedenheit schaffen, Lebenszeit gewinnen
- **Eigenschaften:**
 - verteilt, vernetzt (bspw. 802.11p und UMTS/LTE)
 - kognitiv, kooperativ, flexibel, offen, anpassungsfähig
- **Herausforderung:**
 - Unterschiedliche Grade der Automation anbieten und der Wechsel zwischen diesen



Parametrisierte Stadtmodelle für Fahrsimulatoren

Andreas Richter, Hartmut Friedl



Abbildung urbaner Regionen

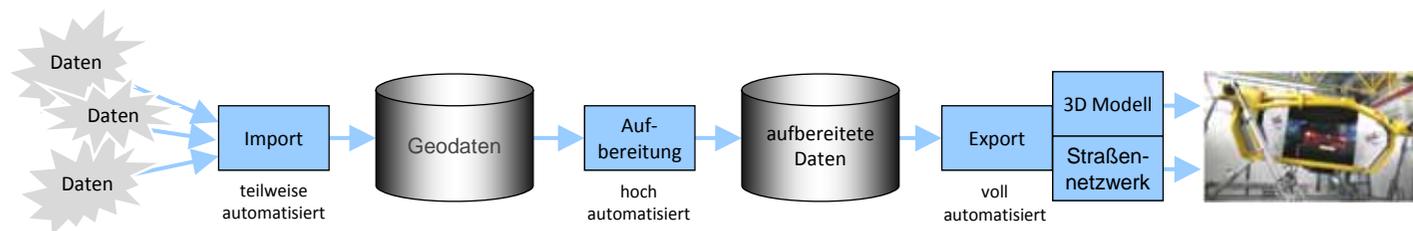


Abbildung urbaner Regionen in Fahrsimulatoren



Projekt Virtuelle Welt

- Erstellung eines **Digitaler Atlas**, der in der Lage ist, multimodale Metropolregionen abbilden zu können (Straßen, Schienen, Bebauung, Umwelt, Infrastruktur, ...)
 - Der Digitale Atlas wird im Projekt Virtuelle Welt entsprechend für die Demoregion Braunschweig mit Daten gefüllt sein und steht als digitales Pendant von AIM zur Verfügung. Über die Projektlaufzeit kann der Digitale Atlas entsprechend weiterwachsen...
- Erstellung einer **Werkzeugkette**, mit der man automatisiert virtuelle Welten und logische Beschreibungen dieser für Fahr- und Verkehrssimulationen generieren kann.



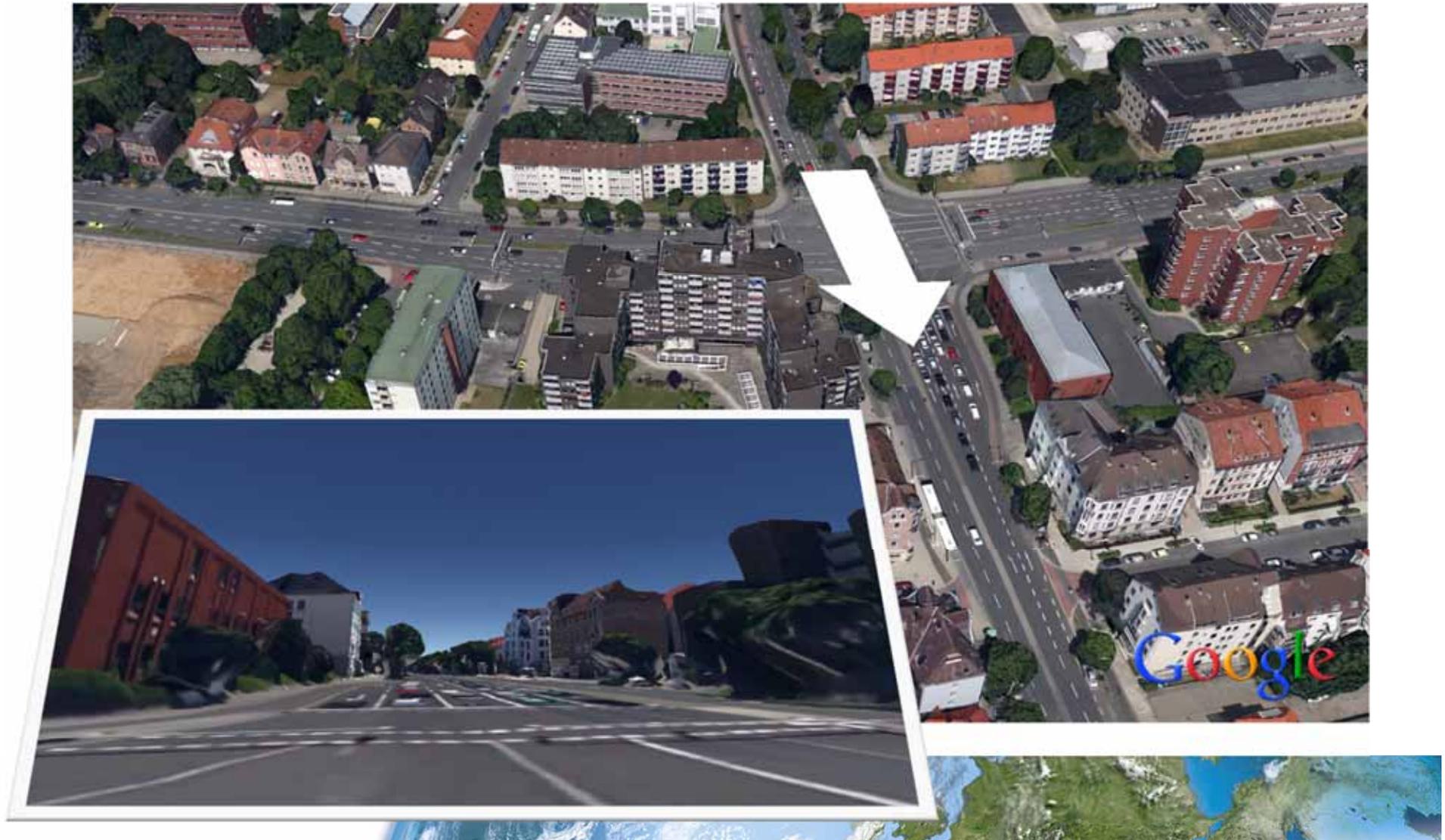
Stand der Datengrundlage

Digitale Geodaten

- digitale Stadtmodelle für Lärm- und Emissionskataster
- digitale Geländemodelle
- Straßentopographie
- Infrastrukturkataster (Stadtbeleuchtung, Lichtsignalanlagen, (wegweisende) Beschilderung, Stadtmöblierung, ...)
- Metadaten (Materialeigenschaften, Alter, Bezeichnungen, ...)
- grenzübergreifende Nutzung von Geodaten durch
 - INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe (INSPIRE)
 - für eine gemeinsame Geodateninfrastruktur in Europa
- crowd sourcing von Geodaten (Fahrrad- und Wanderkarten, Points of Interest, Stadtmodelle, ...)



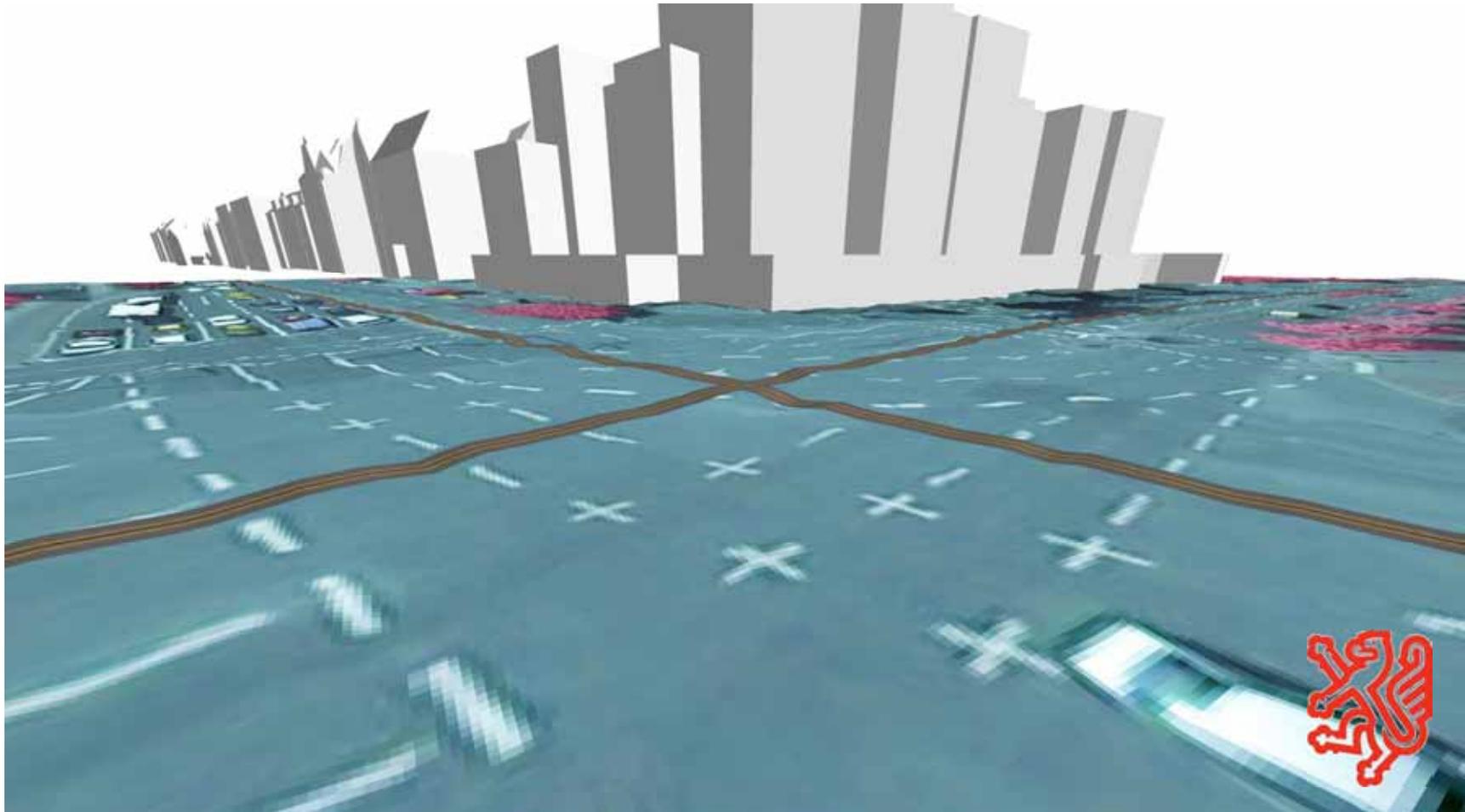
Stand der Datengrundlage texturierte Stadtmodelle



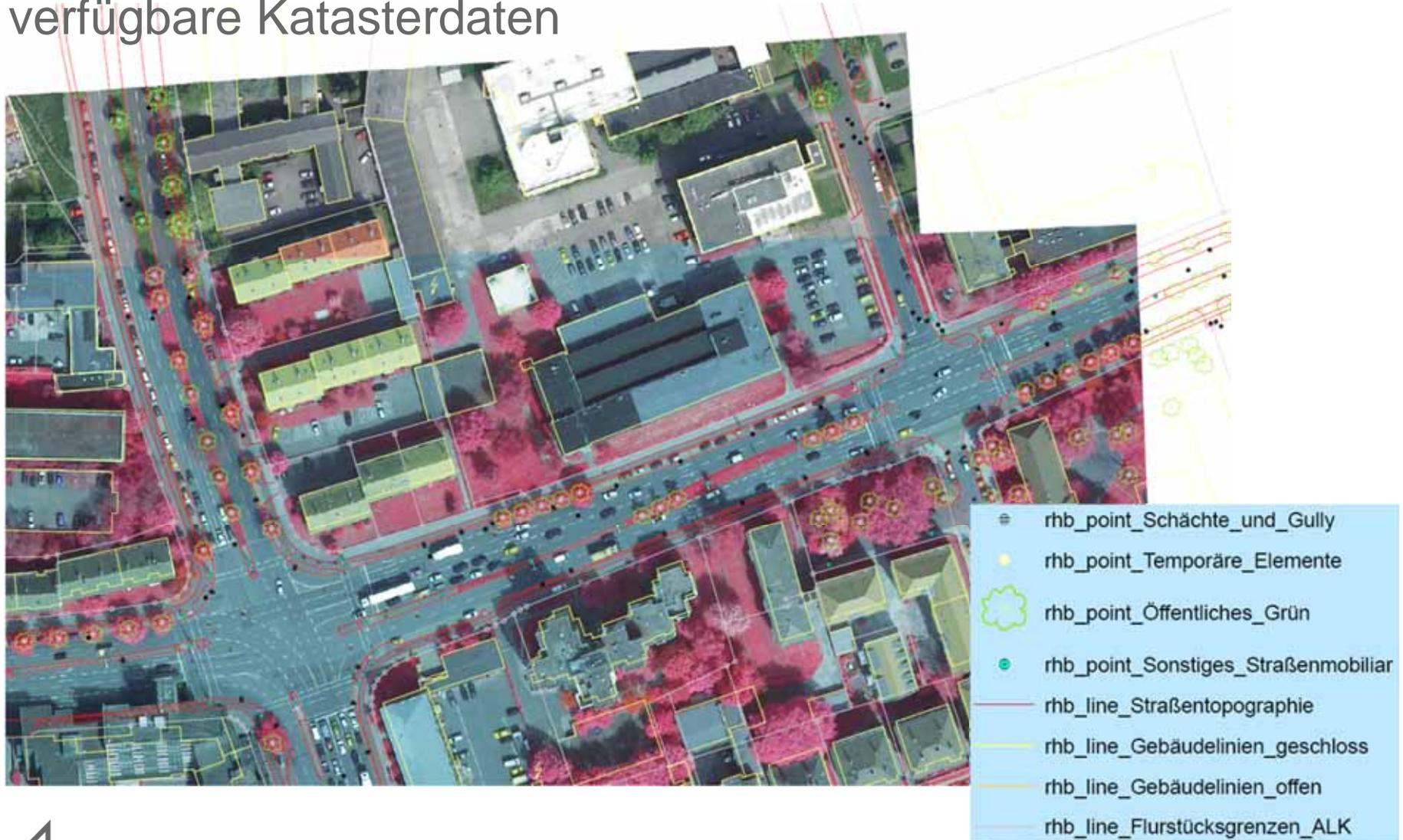
Stand der Datengrundlage texturierte Stadtmodelle



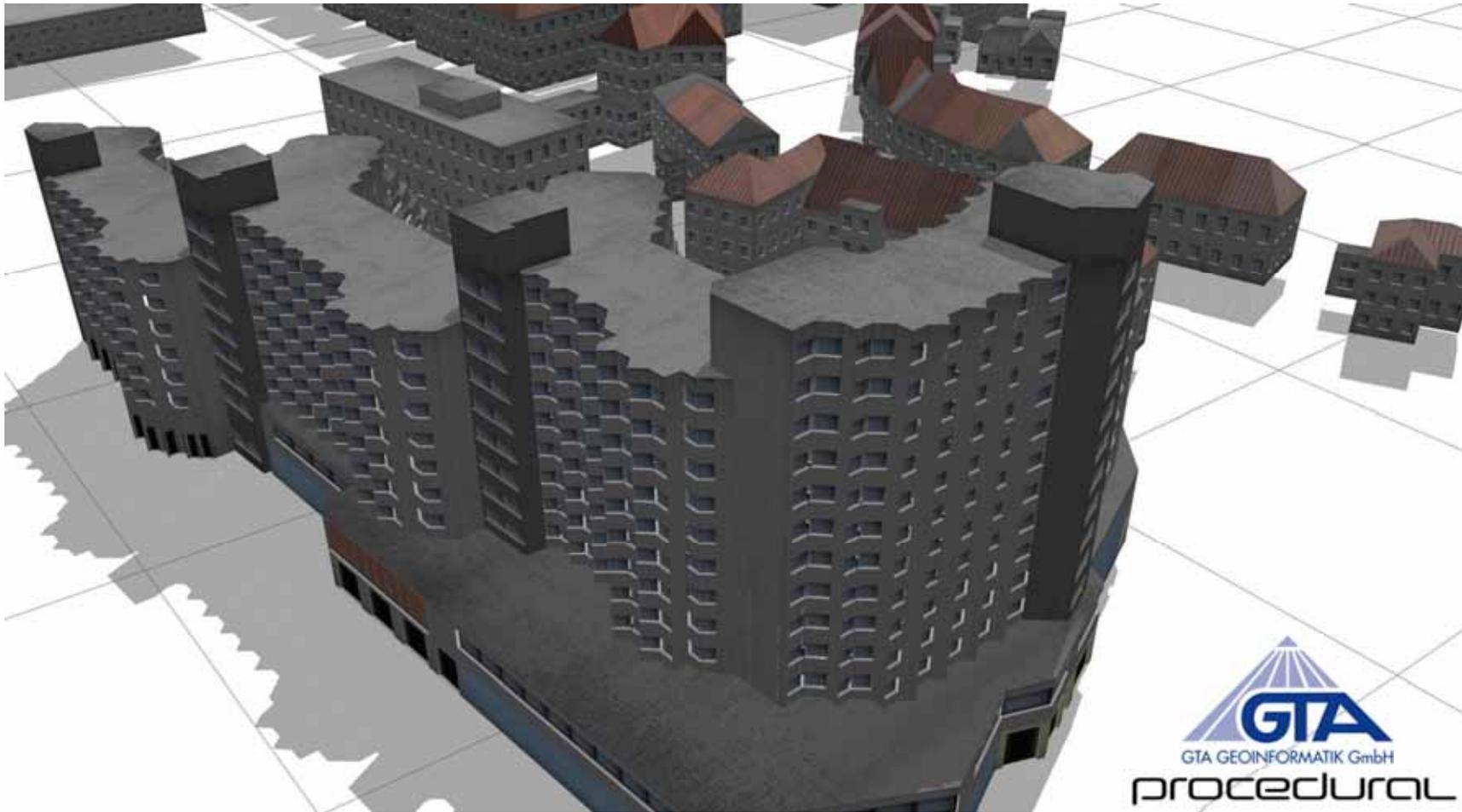
Stand der Datengrundlage verfügbares Stadtmodell



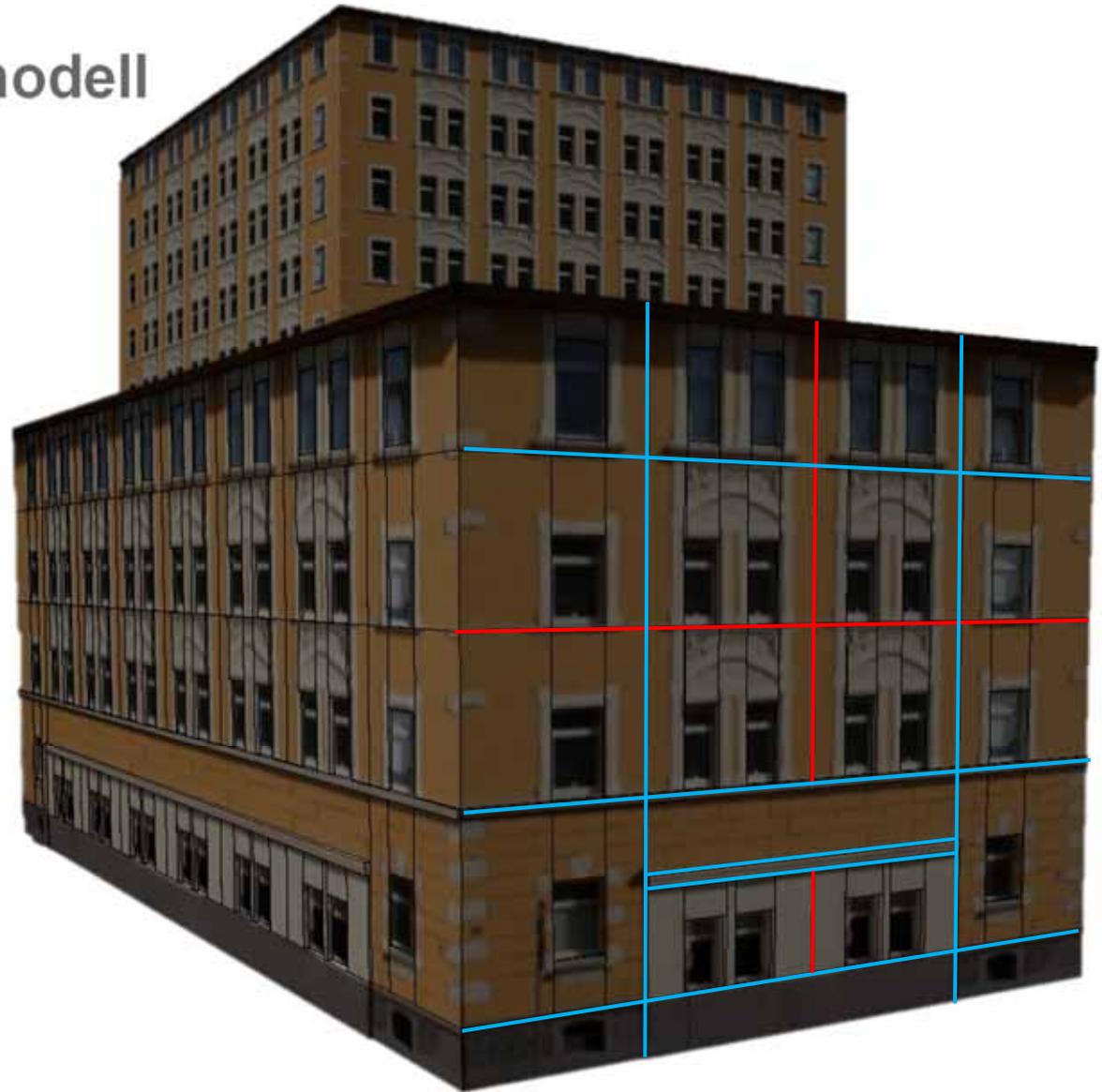
Stand der Datengrundlage verfügbare Katasterdaten



Stand der Datengrundlage generiertes Stadtmodell



generiertes Stadtmodell Prinzip



- Vorbild als Muster
- beliebig skalierbar



DLR



regelbasiertes Stadtmodell

Klassifizierung

- Klassifizierung der Stadt nach wiederkehrenden Gebäudetypen:

- Bürogebäude
 - 80er Jahre
 - Neuzeit
- Wohngebäude
 - östlicher Ring
 - westlicher Ring
 - Reihenhäuser
 - Wohnanlagen
 - Einfamilienhäuser
- Parkhäuser
- Fabriken
- Supermärkte
- ...



Stand der Datengrundlage

Vergleich LOD1 Stadtmodell Stadt Braunschweig und ALKIS

LOD1 Stadtmodell Braunschweig

NAME	FREQUENCY
Hauptgebäude	53742
Nebengebäude	39845
Gebäude für Versorgung (allg.)	808
Gebäude für Handel und Dienstleistungen (allg.)	795
Wohngebäude mit Handel und Dienstleistung	658
Gebäude für Gewerbe und Industrie (allg.)	578
Öffentliches Gebäude (allg.)	458
Allgemeinbildende Schule	241
Gebäude für Handel und Dienstleistungen mit Wohnungen	217
Forschungsinstitut	182
Gewächshaus, Treibhaus	122
Fachhochschule, Universität	97
Christliche Kirche	82
Berufsschule, FS, VHS	79
Landwirtschaftliches Betriebsgebäude (allg.)	71
Krankenhaus	60
Gebäude für Erholung (allg.)	49
Kapelle	39
Feuerwehr	37
Wohngebäude mit öffentlichen Einrichtungen	30
Sporthalle	29
Gebäude für Entsorgung (allg.)	18
Parkhaus	18

ALKIS

bezeichner	FREQUENCY
Wohngebäude	53804
Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	40130
Gebäude zur Versorgung	815
Gebäude für Handel und Dienstleistungen	802
Wohngebäude mit Handel und Dienstleistungen	659
Gebäude für Gewerbe und Industrie	604
Gebäude für öffentliche Zwecke	463
Allgemein bildende Schule	241
Gebäude für Handel und Dienstleistung mit Wohnen	217
Forschungsinstitut	183
Treibhaus, Gewächshaus	153
Hochschulgebäude (Fachhochschule, Universität)	97
Kirche	82
Berufsbildende Schule	79
Land- und forstwirtschaftliches Betriebsgebäude	73
Krankenhaus	60
Gebäude für Erholungszwecke	45
Kapelle	39
Feuerwehr	37
Wohngebäude mit Gemeinbedarf	30
Sport-, Turnhalle	29
Gebäude zur Entsorgung	18
Parkhaus	18



Stand der Datengrundlage

Gebäudeinformationen aus OpenStreetMap

Punkte

amenity	shop	leisure	tourism	FREQUENCY
restaurant				165
	bakery			115
fast_food				89
pub				84
cafe				80
	hairdresser			78
	supermarket			78
bank				69
	clothes			68
pharmacy				65
doctors				55
		sports_centre		39
	kiosk			38
kindergarten				32
	florist			31
atm				28
school				26
	butcher			25
fuel				25
	bicycle			24
post_office				24
			hotel	22
	car_repair			21
dentist				21
	convenience			20

Polygone

building	amenity	man_made	leisure	shop	FREQUENCY
garage					2339
house					714
residential					638
apartments					636
garages					553
detached					449
terrace					338
yes		works			165
university					134
roof					105
school					100
hut					85
greenhouse					77
yes	school				68
yes	public_building				66
yes		gasometer			63
yes			sports_centre		56
yes	kindergarten				55
church	place_of_worship				49
commercial					46
yes	restaurant				41
yes				supermarket	40
yes	place_of_worship				37
yes	fire_station				31



regelbasiertes Stadtmodell

Fusion unterschiedlicher Datenquellen

- Zusammenführung von Liegenschafts- und crowd sourced-Daten



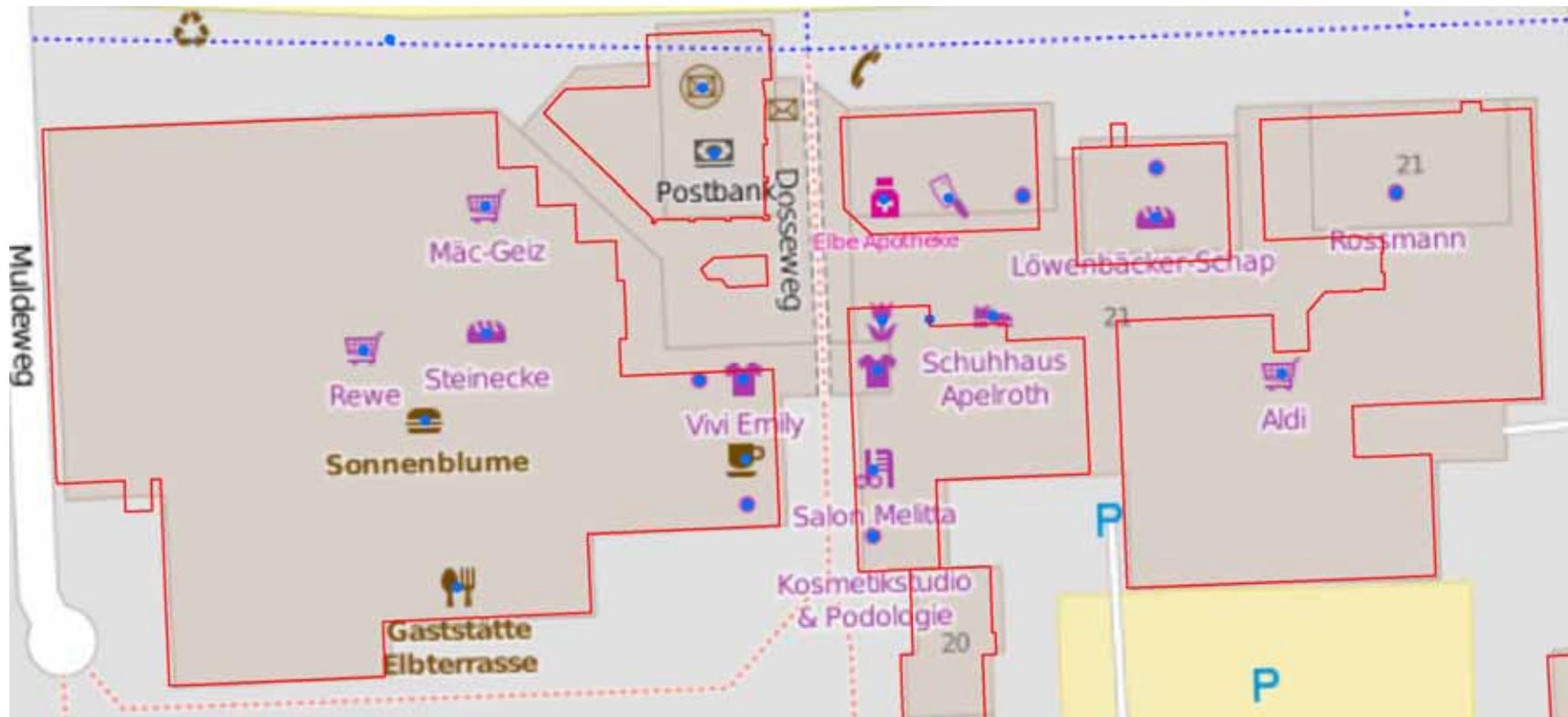
Farbig markiert sind Gebäude mit Metadaten aus: ALKIS (dunkel- und hellgrau), OSM (blau), Stadtmodell Braunschweig (magenta).



Fusion unterschiedlicher Datenquellen

Vergleich OSM und Stadtmodell Braunschweig

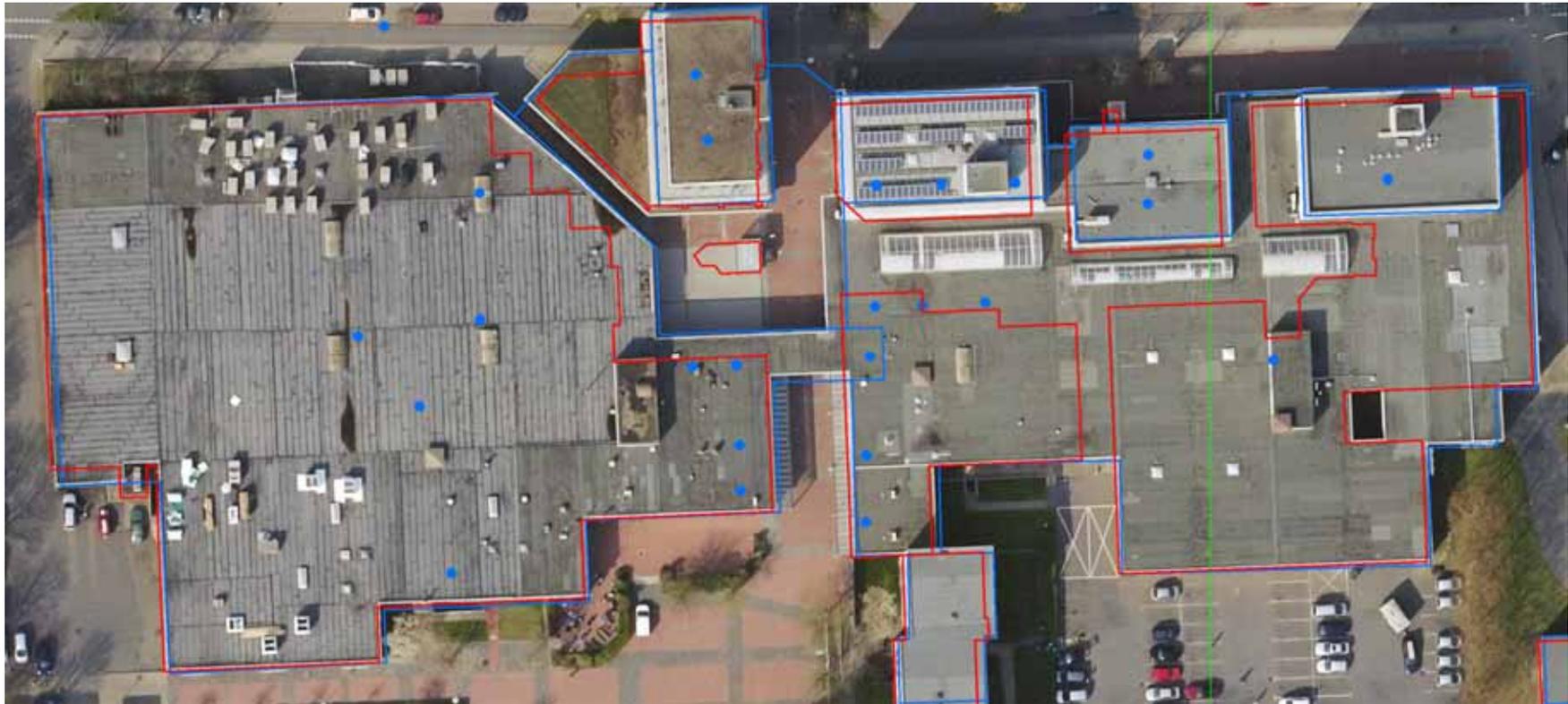
- Unterschiedliche Grundrisse und Mehrfachzuordnungen häufig



Fusion unterschiedlicher Datenquellen

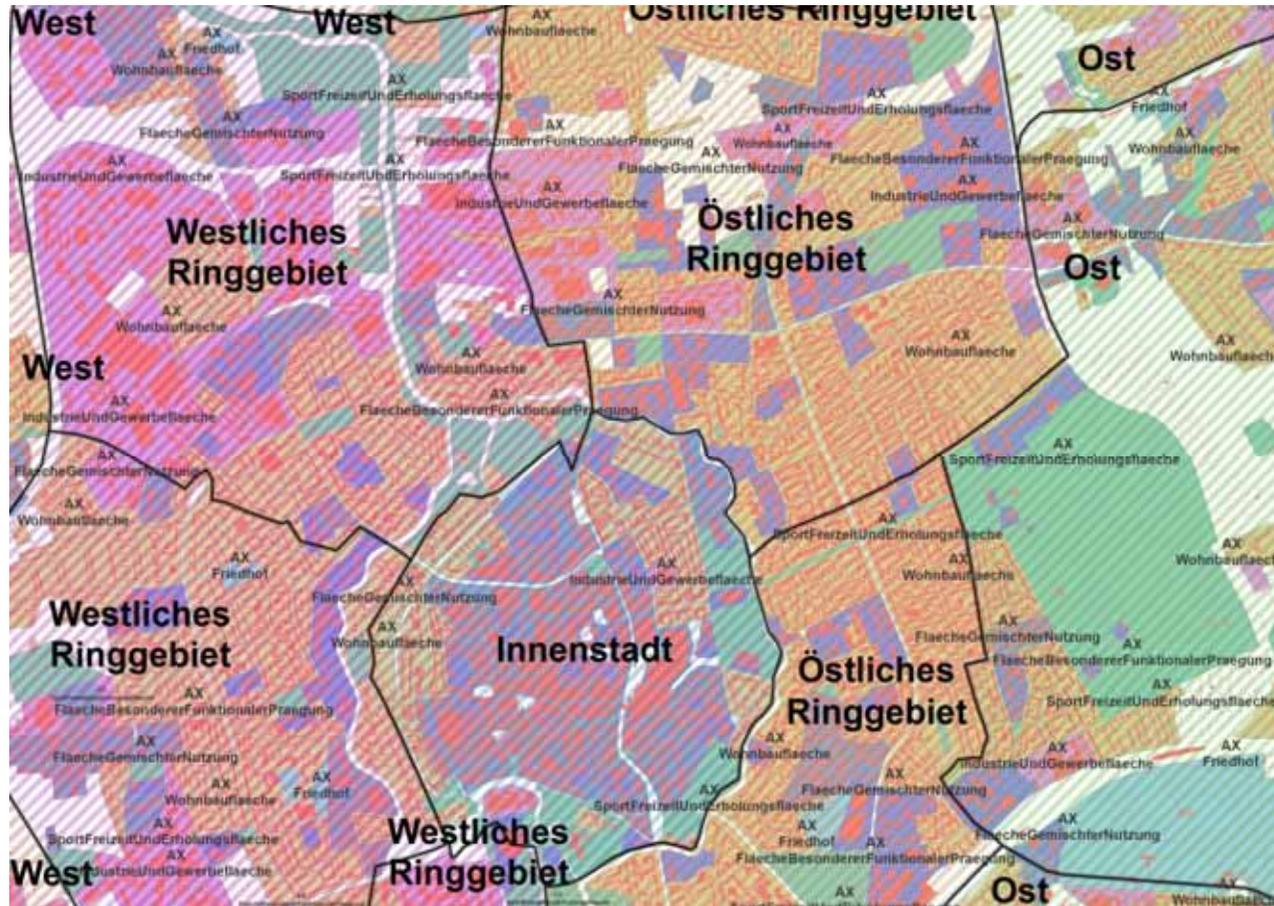
Vergleich Grundrisse OSM und Stadtmodell Braunschweig

- OSM-Grundrisse nicht immer schlechter, aber oft basierend auf Orthofotos



regelbasiertes Stadtmodell

typische Architektur und Flächennutzung



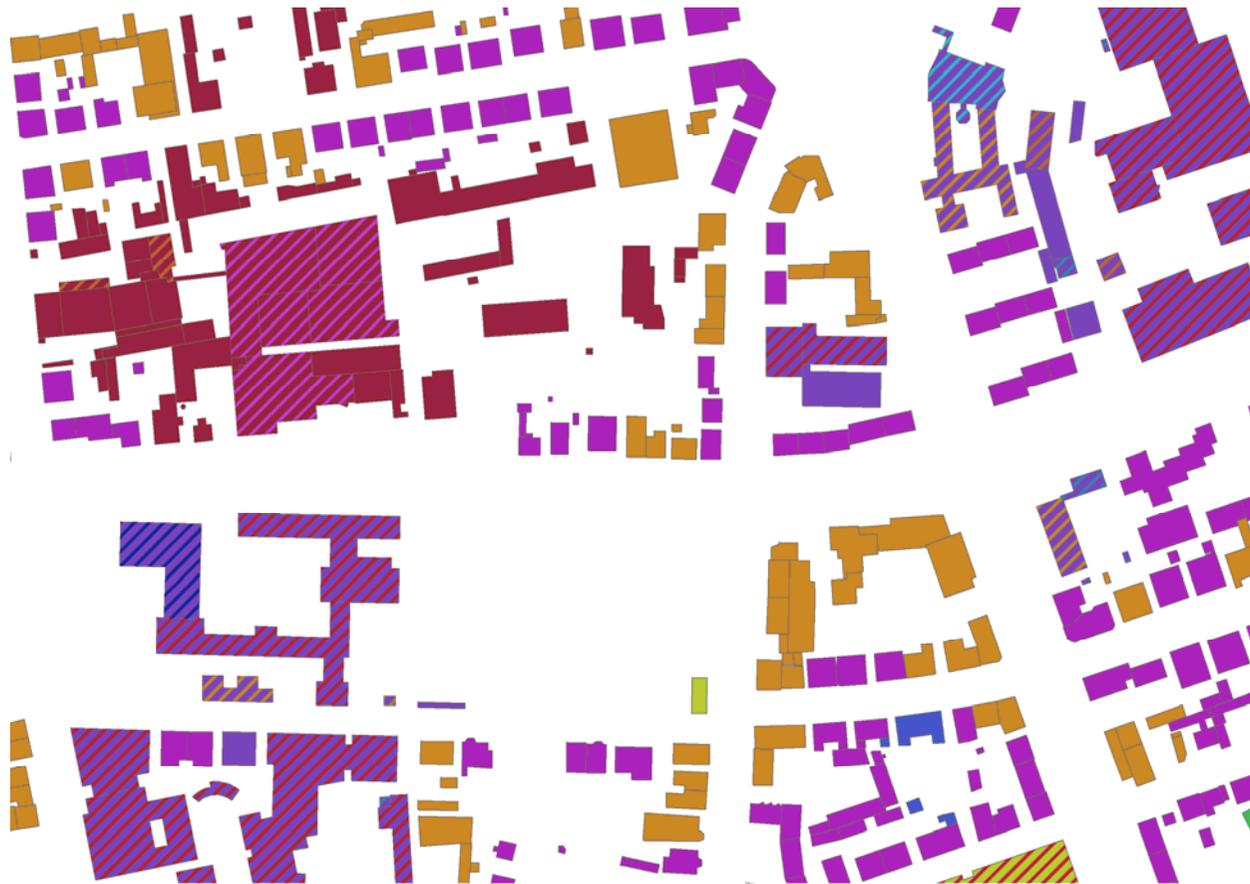
ALKIS Flächennutzung („AX...“) und etwa nach PLZ Grenzen zugeordnete, architektonisch zu differenzierende Gebiete



regelbasiertes Stadtmodell

Gebäudetyp

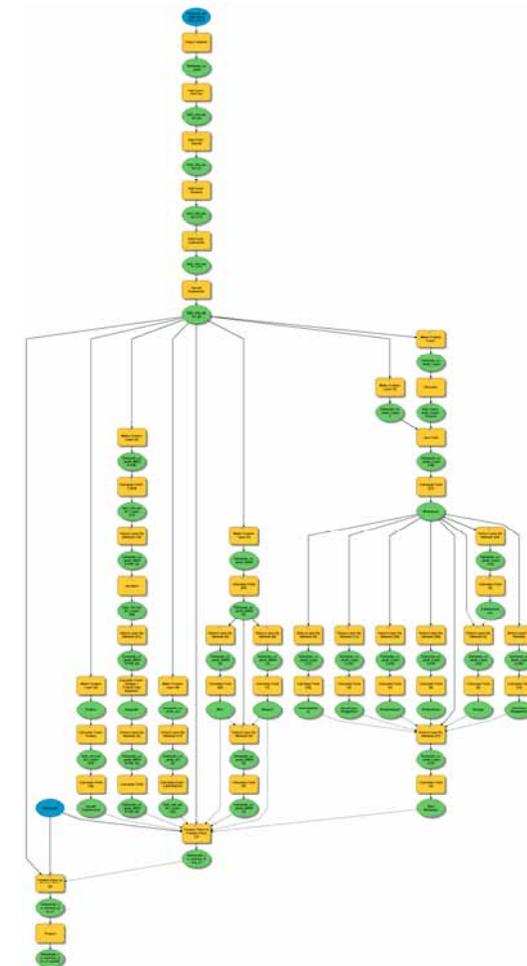
- Gebäudetypzuweisung für zusammenhängenden Gebäudekomplexe



Schraffiert: Genauer Gebäudetyp ist bekannt. Weitere Typen werden aus OSM und Liegenschaftskarte hinzugefügt.

Automatisierte Klassifizierung der Grundrisse auf die einzelnen Gebäudetypen

FREQUENCY	NAME	bezeichner	OSM_polygon	OSM_Point
39381	Hauptgebäude	Wohngebäude	yes	
28425	Nebengebäude	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe		
12606	Hauptgebäude	Wohngebäude		
9223	Nebengebäude	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	yes	
1314	Nebengebäude	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	garage	
617	Gebäude für Versorgung (allg.)	Gebäude zur Versorgung		
526	Hauptgebäude	Wohngebäude	residential	
500	Wohngebäude mit Handel und Dienstleistung	Wohngebäude mit Handel und Dienstleistungen	yes	
427	Gebäude für Handel und Dienstleistungen (allg.)	Gebäude für Handel und Dienstleistungen	yes	
359	Nebengebäude	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	garages	
266	Gebäude für Gewerbe und Industrie (allg.)	Gebäude für Gewerbe und Industrie		
266	Gebäude für Gewerbe und Industrie (allg.)	Gebäude für Gewerbe und Industrie	yes	
248	Öffentliches Gebäude (allg.)	Gebäude für öffentliche Zwecke	yes	
229	Hauptgebäude	Wohngebäude	house	
224	Gebäude für Handel und Dienstleistungen (allg.)	Gebäude für Handel und Dienstleistungen		
174	Gebäude für Handel und Dienstleistungen mit Wohnungen	Gebäude für Handel und Dienstleistung mit Wohnen	yes	
167	Hauptgebäude	Wohngebäude	apartments	
162	Hauptgebäude	Wohngebäude	terrace	
156	Unterirdisches Gebäude	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe		
133	Gebäude für Versorgung (allg.)	Gebäude zur Versorgung	yes	
111	Speicherbauwerk			
102	Forschungsinstitut	Forschungsinstitut	yes	
100	Öffentliches Gebäude (allg.)	Gebäude für öffentliche Zwecke		
98	Gewächshaus, Treibhaus	Treibhaus, Gewächshaus		
95	Nebengebäude			
90	Allgemeinbildende Schule	Allgemein bildende Schule		
85	Unterirdisches Gebäude	Tiefgarage		
77	Forschungsinstitut	Forschungsinstitut		
65	Nebengebäude	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	yesworks	
64	Allgemeinbildende Schule	Allgemein bildende Schule	yes	
54	Wohngebäude mit Handel und Dienstleistung	Wohngebäude mit Handel und Dienstleistungen		
49	Fachhochschule, Universität	Hochschulgebäude (Fachhochschule, Universität)	university	
43	Allgemeinbildende Schule	Allgemein bildende Schule	school	
42	Landwirtschaftliches Betriebsgebäude (allg.)	Land- und forstwirtschaftliches Betriebsgebäude		
35	Hauptgebäude	Wohngebäude	garage	
33	Öffentliches Gebäude (allg.)	Gebäude für öffentliche Zwecke	yes kindergarten	
31	Allgemeinbildende Schule	Allgemein bildende Schule	yes school	
30	Hauptgebäude	Wohngebäude	yes	bakery
29	Hauptgebäude	Wohngebäude	yes	restaurant



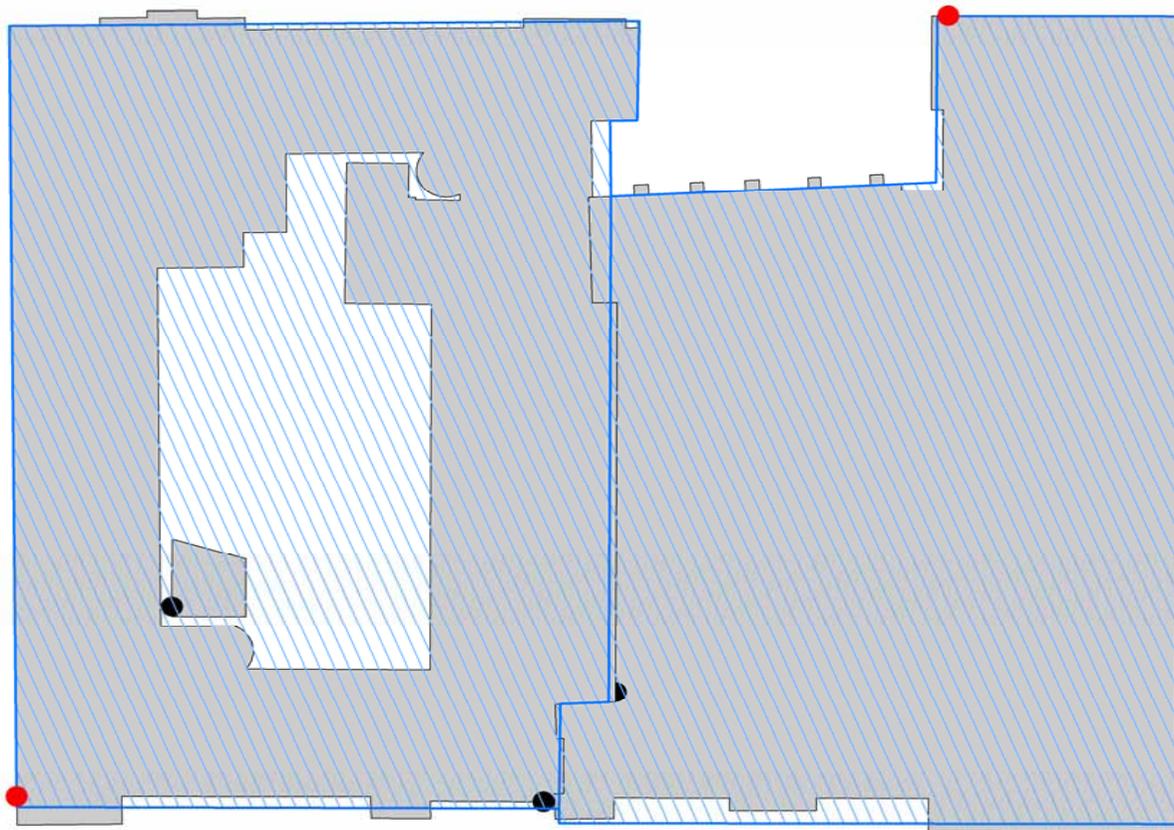
Automatisierte Korrektur der Datenbasis Überlagerungen im Stadtmodell



regelbasiertes Stadtmodell

Grundrissgeneralisierung

- Vereinfachung der Grundrisse für einfache 3D-Modell-Generierung



Alt in grau/schwarz. Neu in blau/rot. Die Punkte sind die Start und Endpunkte (nötig für Gebäudefront) . Erker wurden entfernt. Löcher geschlossen und die Grenzlinien der Grundrisse angeglichen. Es dürfen keine Überlappungen oder Lücken auftreten.



regelbasiertes Stadtmodell

Grundrissgeneralisierung

- Probleme der Esri „Simplify Building“-Funktion



regelbasiertes Stadtmodell

Entfernungsanalyse für Level of Detail

- Entfernung der Gebäude von Straßenachsen



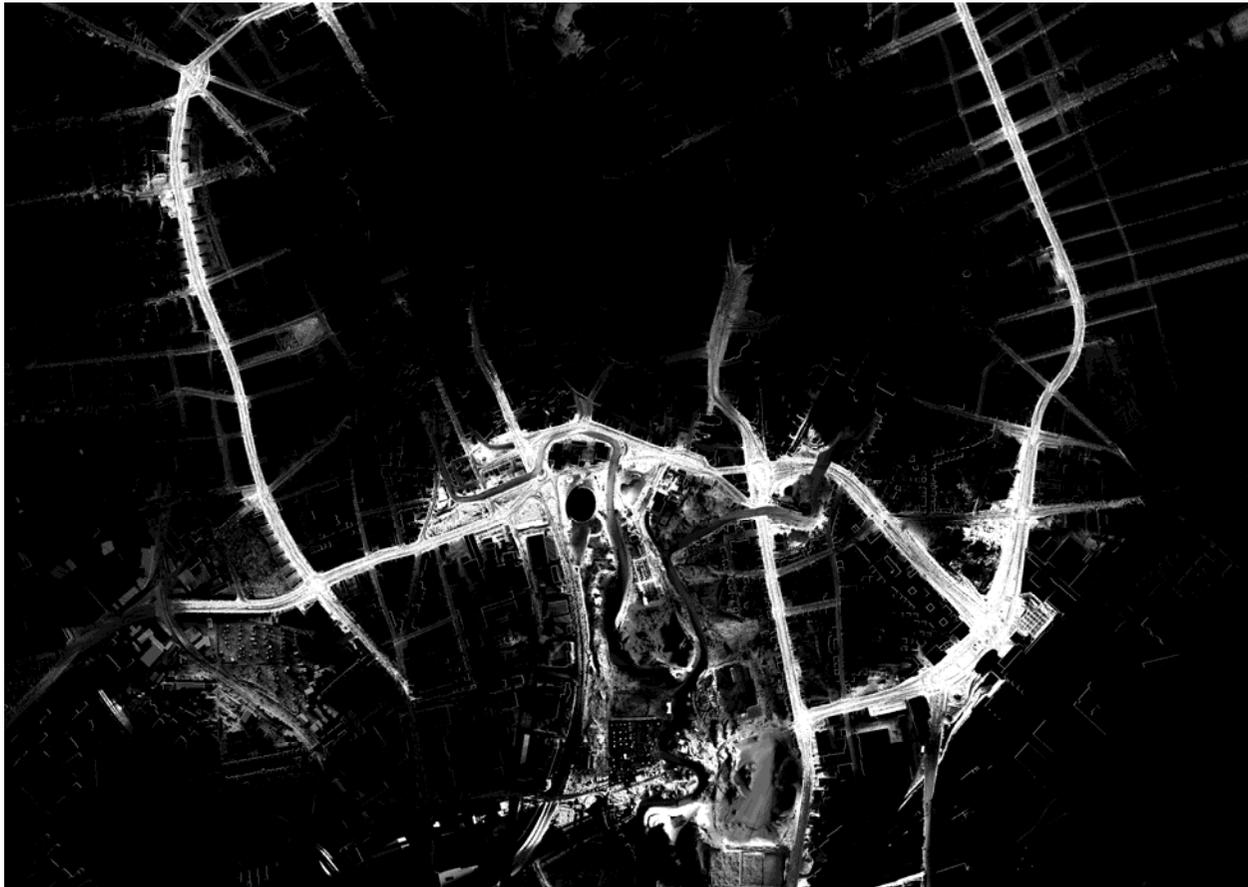
Rot nahe an Straße, grün
entfernt von Straßen.



regelbasiertes Stadtmodell

Entfernungsanalyse für Level of Detail

- Sichtbarkeitsanalyse



Sichtbarkeitsanalyse in ArcGIS im 500 m Umfeld des Innenstadtrings. Sichtbarkeit vom Ring mit Seitenstraßen aus 2 m Höhe ins umliegende Gelände inkl. Gebäude als Sichthindernisse. Je heller, desto öfter wird ein Punkt gesehen.



regelbasiertes Stadtmodell

Parameterextraktion

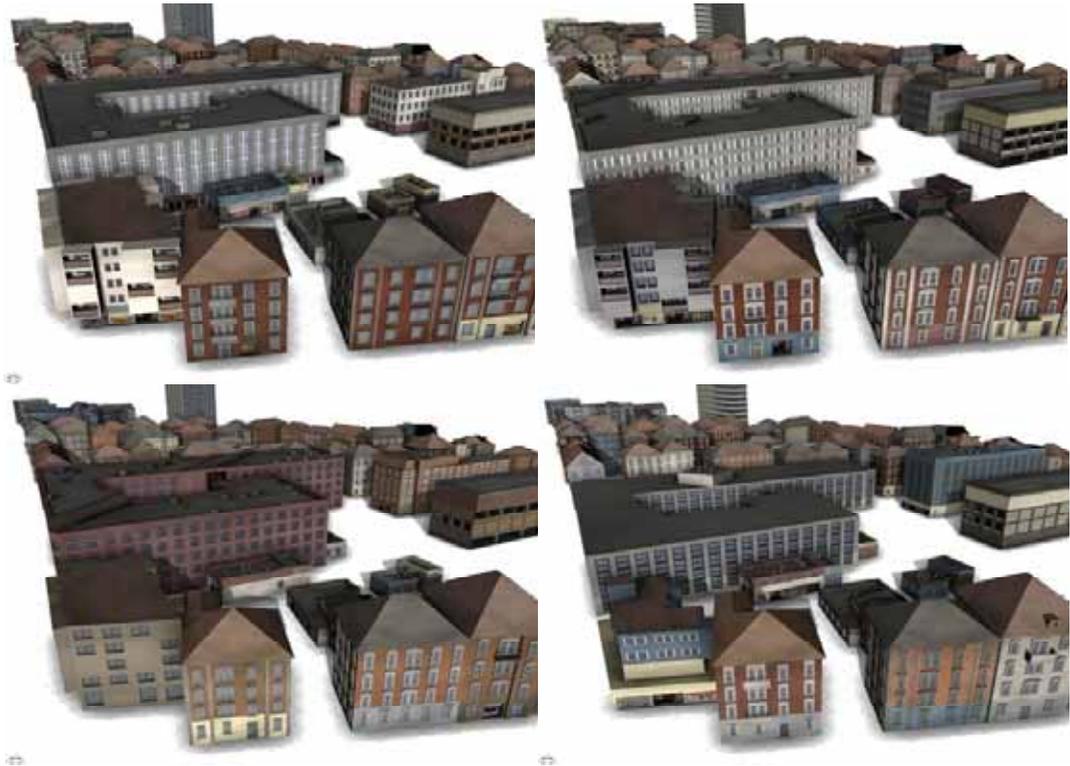
- Grundrisse angereichert mit Parametern aus:

- digitalem Stadtmodell
- Laserscan-Rohdaten
- Liegenschaftsdaten
- Luftbildern
- OSM-Daten
- ...

- genutzte Parameter:

- Gebäudetyp und Dachform
- Fassaden- und Dachfarbe
- Gebäudehöhe
- Ladenzeile und Ladentyp
- Nutzung als Hotel
- ...

- Export in 4 Level of Detail

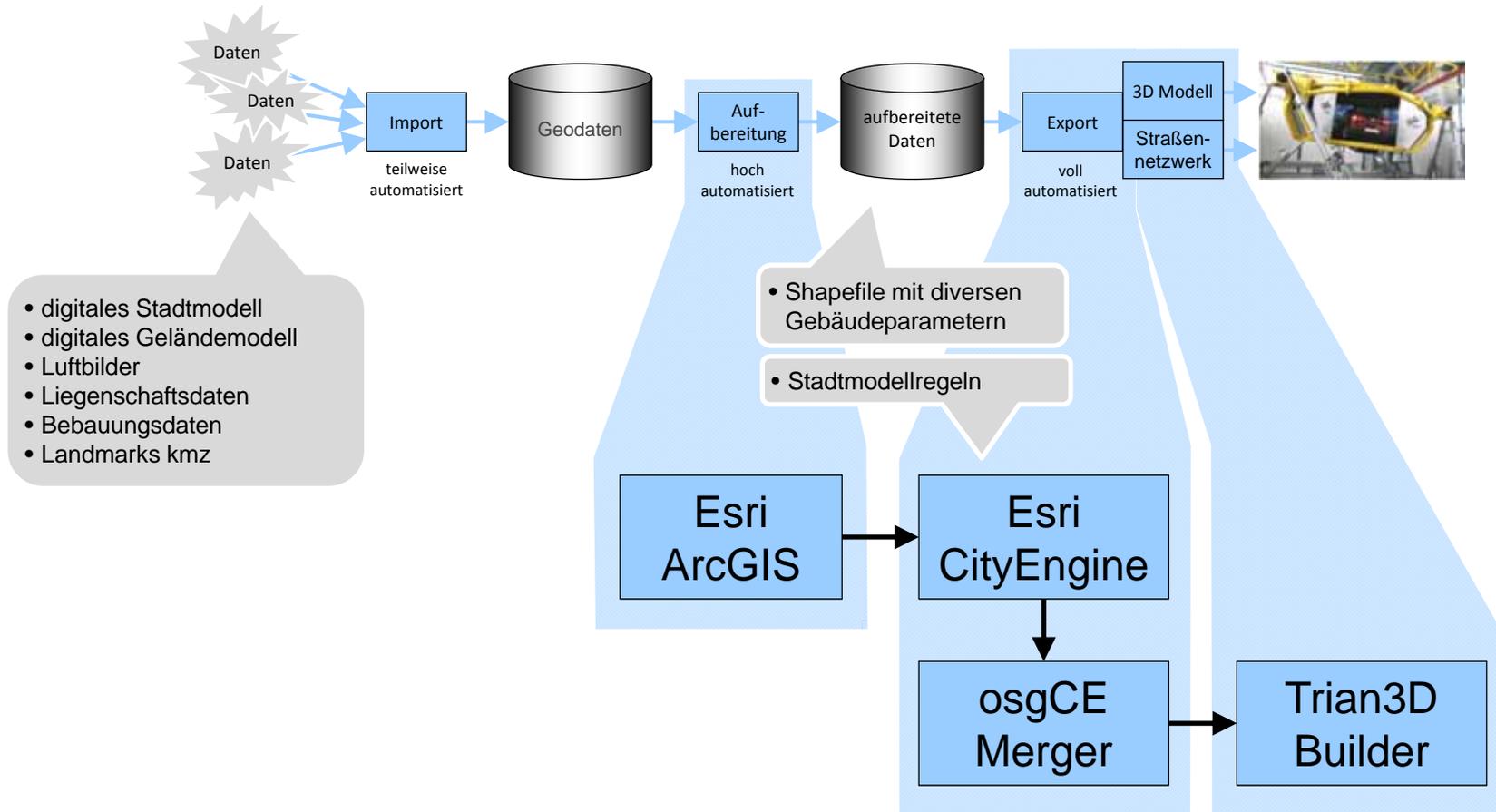


regelbasiertes Stadtmodell Erweiterung um Landmarken

- 22 manuell erstellte, stadtbildprägende Landmarken



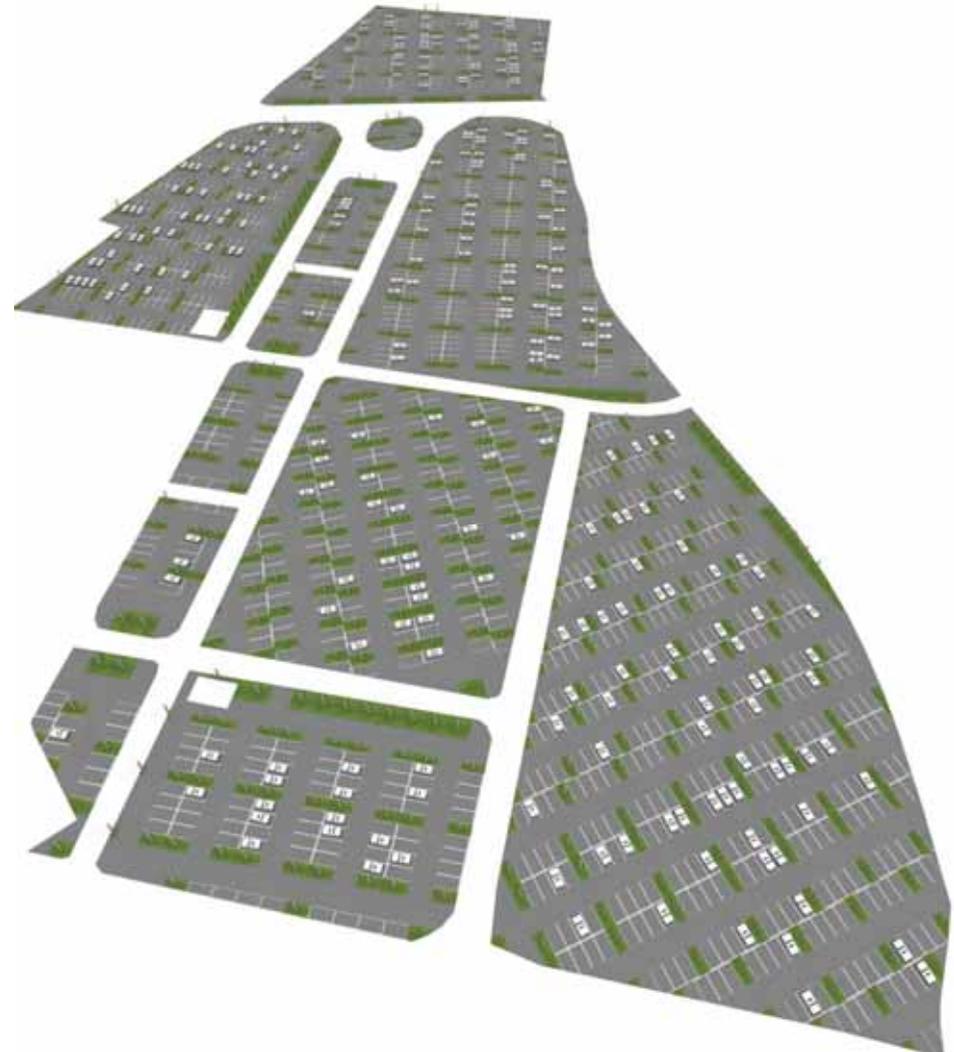
regelbasiertes Stadtmodell Werkzeugkette



Interludium

regelbasierte Parkplätze

- identifizierte Parkplatzflächen mit Parktaschen, Grünflächen, Bäumen und Fahrzeugen generiert



Auch Straßengeneration möglich, aber für Fahrsimulationen wird hochgenaue topologische- und topographische Beschreibung im *OpenDRIVE*®-Format benötigt.

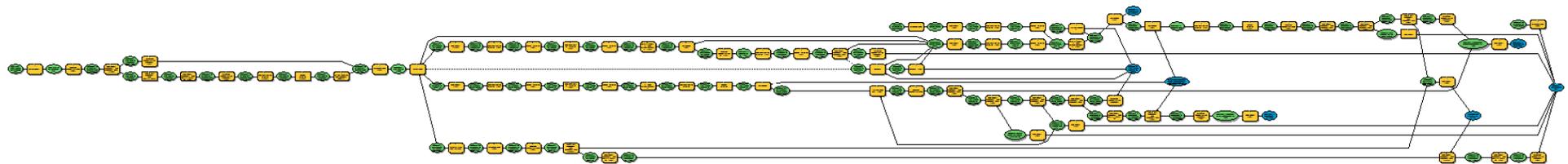
Quelle: impworks.co.uk



Interludium

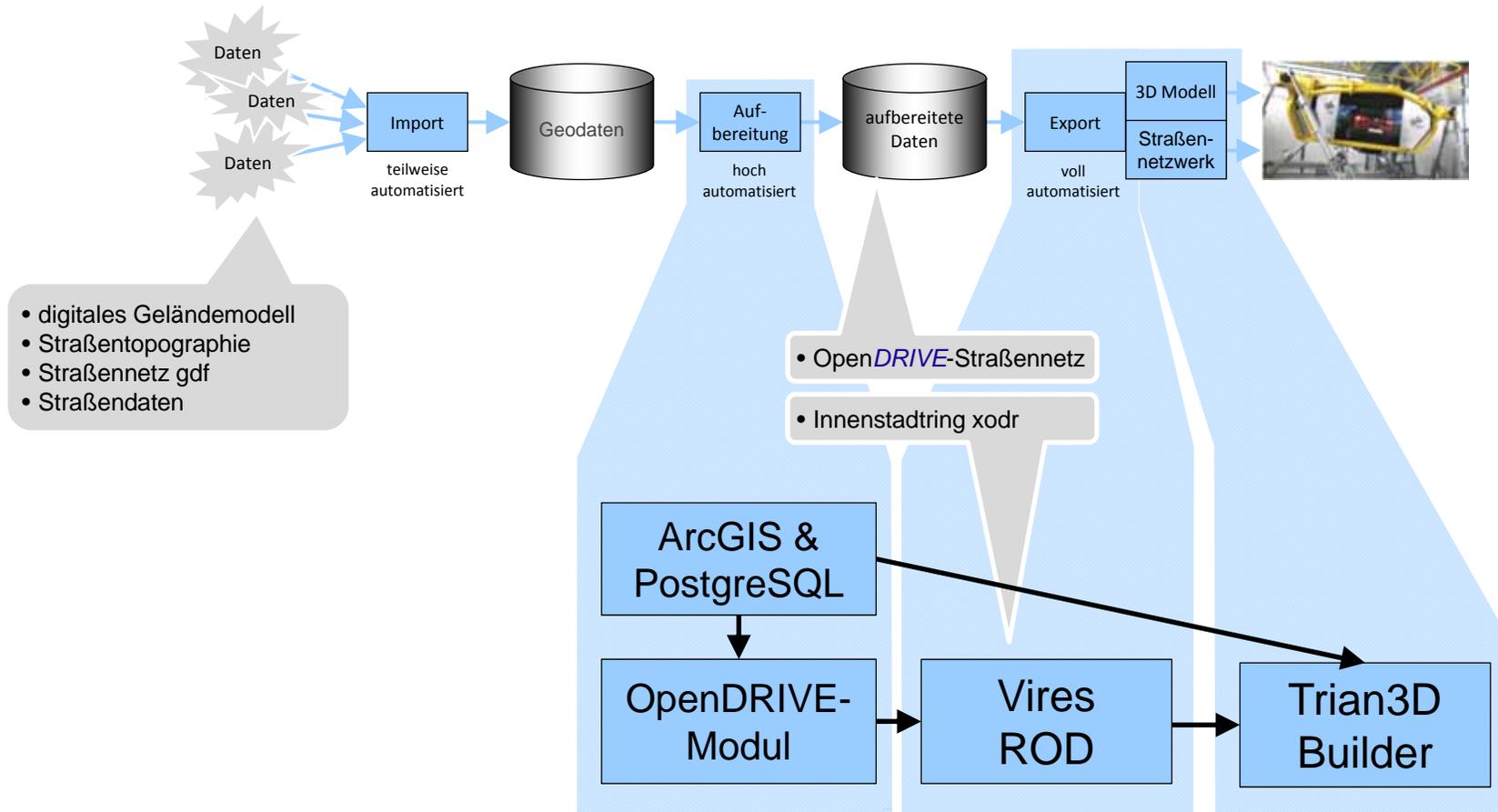
regelbasierte Parkplätze

- Algorithmus zum Vereinigung und Angleichen der Parkplatzflächen aus OSM- und ALKIS-Daten



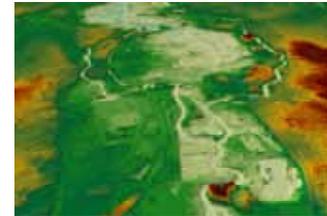
Interludium

Werkzeugkette für Straßenerstellung



Erstellung der gesamten Stadt Datenfusion

- Aufarbeitung digitales Geländemodell und Liegenschaftsdaten
- Kombination Vegetationskataster mit Laserrohdaten aus Befliegung
- Aufarbeitung Beleuchtungs-, Schild- und Lichtsignalkataster (Maststandorte, Ausrichtungen, Einzelkomponenten)
- Zusammenführung Straßenmöblierung
- Integration Straßenmodell
- Integration Gebäudemodelle und Landmarken



Erstellung der gesamten Stadt Ergebnis

- gekachelte Datenbasis mit fein modellierter 3D-Welten im OpenScene-Graph-3D-Format für Fahrsimulatoren, ohne einen Handschlag selbst zu machen



Zusammenfassung

- kein schlüsselfertiges Stadtmodell für Fahrsimulation verfügbar
- Zahl relevanter digitaler Daten wächst stetig
-  **Virtuelle Welt**-Werkzeugkette erzeugt aus Geodaten realistischere urbane Welten und logische Straßenbeschreibung als bisher manuell erstellt werden konnten
- **regelbasierter Ansatz:**
 - flexibel
 - wiederverwendbar
- **Arbeitsschritte:**
 - Fusion heterogener Geodaten unterschiedlicher Quellen
 - Bereinigung, Clusterung und Vereinfachung für CityEngine
 - Optimierung für Computergrafik-Engine



Andreas Richter M.Sc. Comp.Sc.

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt

Gruppenleiter
Automotive

Institut für
Verkehrssystemtechnik

Lilienthalplatz 7
38108 Braunschweig



Telefon 0531 295-3408
Mobil 0172 8556235
E-Mail andreas.richter@dlr.de
Internet www.DLR.de/ts

