

CUT-AKADEMIE mit T4

Bilder von Gebäudefassaden

Wie viel Information steckt für künstliche Intelligenz darin?

Aruscha Kramm, Scads.AI – kramm@informatik.uni-leipzig.de

Partnerstädte:



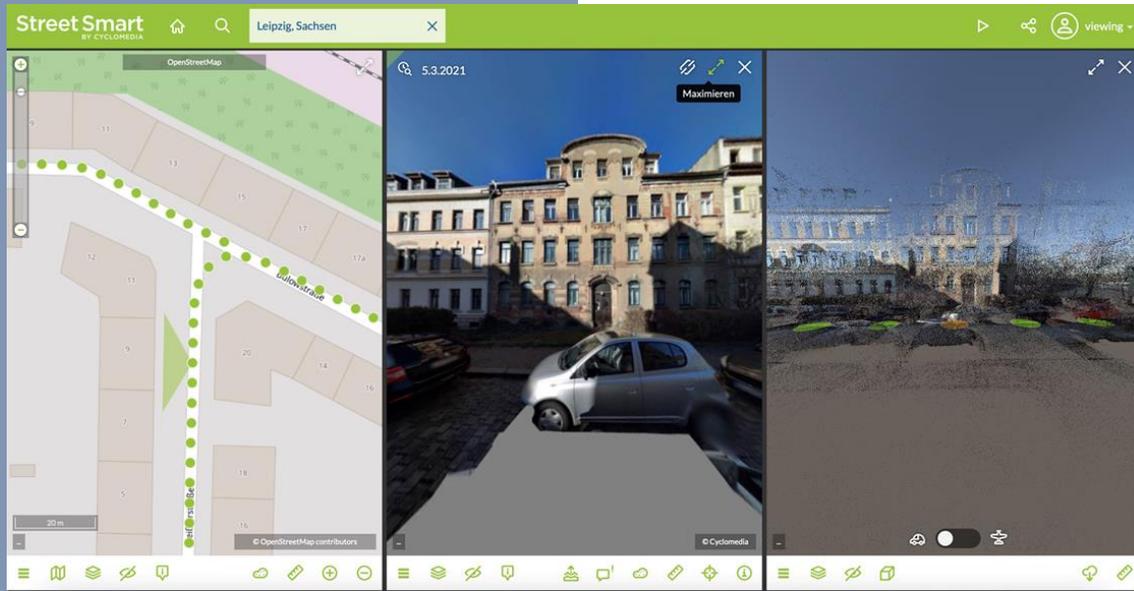
Gefördert durch:



24. August 2023

1. Problemstellung
2. Daten
3. Funktionsweise
 1. Methode 1: Nearest Neighbour
 2. Methode 2: RANSAC
4. Warum es nicht so leicht ist, wie es aussieht und
5. Ergebnisse und Fehlerquellen
6. AWF mit KI: Ein Lernprozess für alle

Auswertung von Stadtbefahrungsdaten mit KI?



- Befahrungsdaten von externer Firma „cyclomedia“: 360° Bild- und Lidardaten
- Welche Information steckt darin, die KI daraus extrahieren kann?
- Im Hinblick auf Gebäude & energetische Maßnahmen „fehlende“ Informationen:
 - Anzahl der Stockwerke
 - Gebäudetyp / Baujahr
 - Sanierungszustand und dessen Veränderung
- 1. Anwendungsfall: **Erkennung der Stockwerke mit KI**

Ziel In > Fassadenbild; **Out** > Anzahl der Geschosse (+Dachgeschoss)

Befahrungsbilder

- 360° Grad Bilddaten (+Lidar)
- API für genauen Zugriff auf Bilddateien
 - Einstellung der Kamerawinkel
 - Extraktion der Bilder anhand der Fassadeneckpunkte

Zusätzliche Information zur Extraktion der Bilder

- 3D-Stadtgrundkarte
 - Gebäude ID
 - Gebäudegrundriss
 - Gebäudehöhe
 - => **Ermittlung der Fassadeneckpunkte**



Funktionsweise

Ermittlung der Stockwerke aus Fassadenobjekten

- Training eines neuronalen Netzes, zur Erkennung der Klassen *fenster*, *haustuer*, *gaube*, *dachfenster*, *shop*
- Ermittlung der *floor level lines* – Linien, die ein Stockwerk repräsentieren
 - Test von zwei verschiedenen Methoden mit unterschiedlich guten Quoten
- **Anzahl der *floor level lines* = Anzahl der Stockwerke**

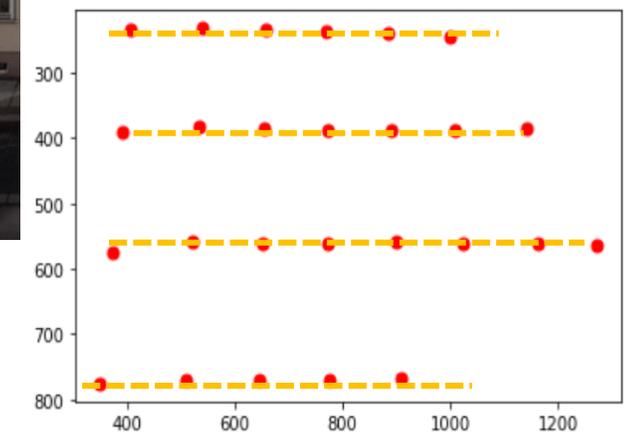
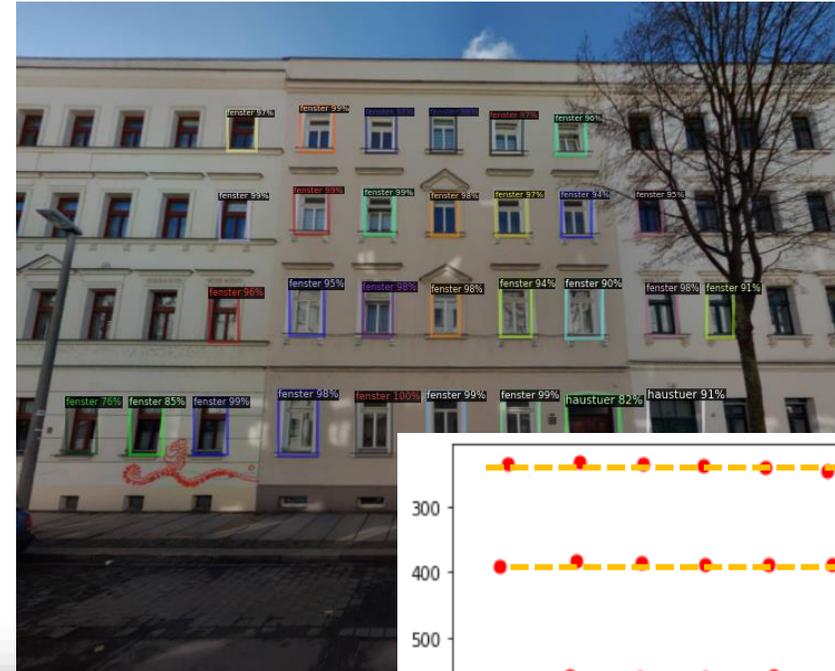


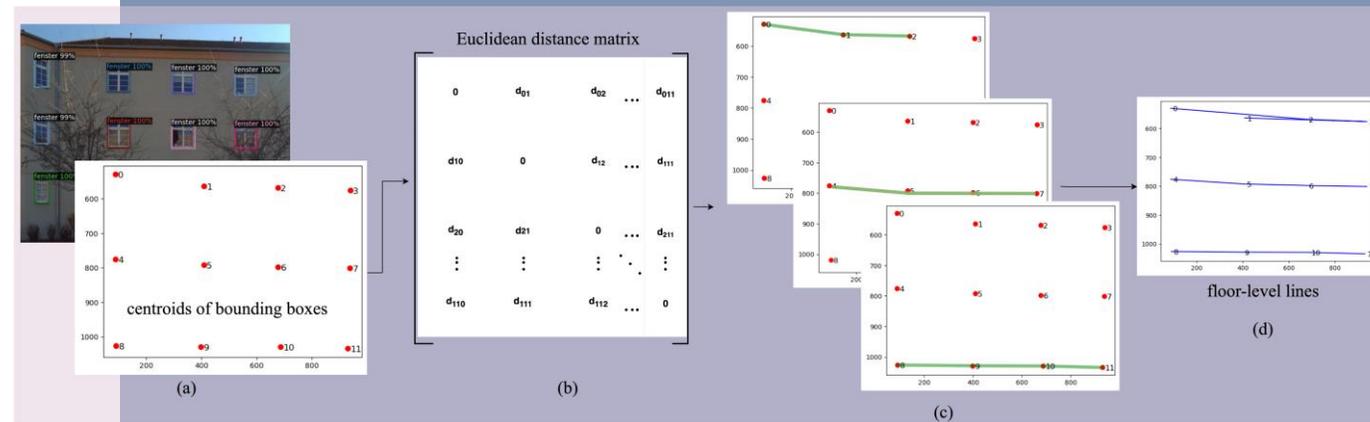
Bild: Erkannte Fassadenobjekte umrandet von BoundingBoxes,
Plot: deren Mittelpunkte (rot) und Floor Level Lines (gelb)

Funktionsweise Methode 1

Ermittlung der Floor Level Lines

Nearest Neighbor

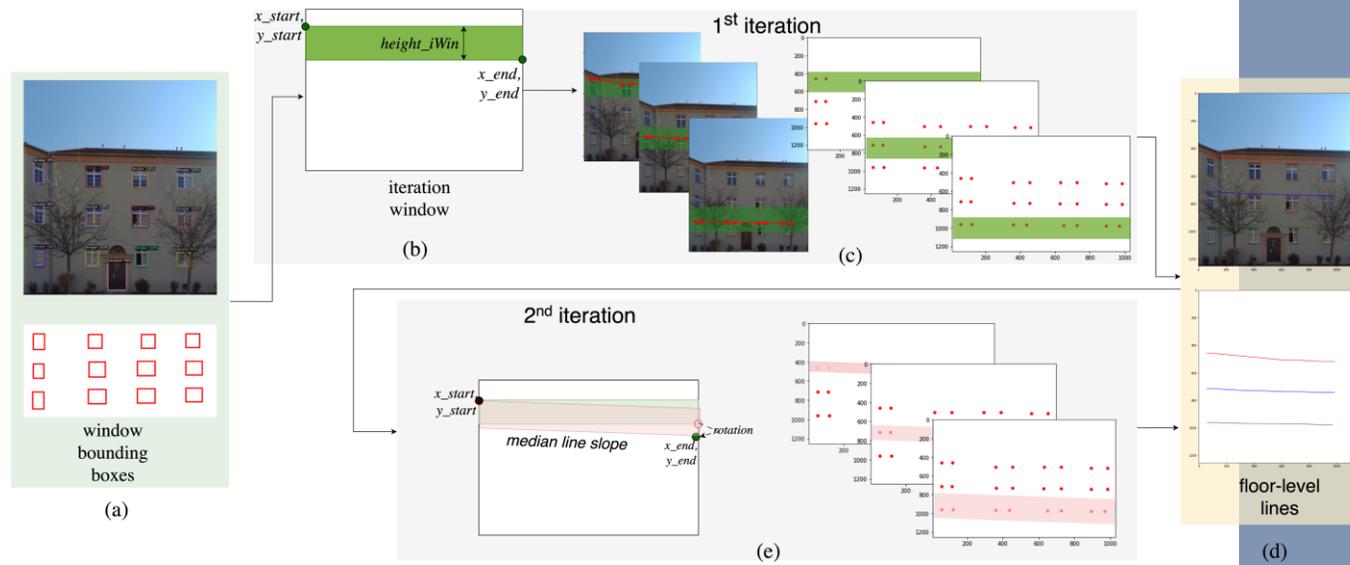
- Für jeden Punkt werden die euklidischen Distanzen zu den restlichen Punkten berechnet
- Für eine festgelegte Anzahl Nearest Neighbours werden die Steigung der Punkte in Paaren berechnet
- Punkte werden als horizontal bezeichnet, wenn die Steigung zwischen ihnen einen bestimmten Schwellenwert nicht übersteigt
- Floor Level Lines = Liste von Punkten, die horizontal verlaufen



Funktionsweise Methode 2

Ermittlung der Floor Level Lines

RANSAC



- Bild wird in Iterationsfenstern iteriert, Iterationsfenster = durchschnittliche Höhe der bounding boxes
- In jedem Iterationsschritt wird der „Ransac-Algorithmus“ verwendet, der eine Linie durch Punkte legt. Pro Iteration entsteht eine Liste von Punkten, die entweder zur Linie und nicht zur Linie gehören
- Floor Level Lines = alle Listen von Punkten, die zu einer Linie gehören

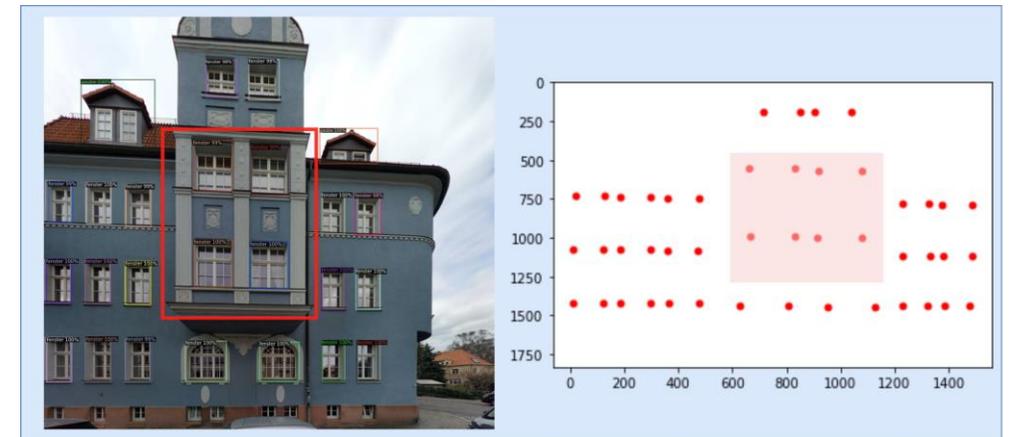
Gebäudetypen

Einteilung der Gebäude in Altbau, Einfamilienhäuser, Plattenbau, Modern, Verdeckte (informelle Klassen, v.l.n.r.)



Architektonische Besonderheiten können schwer mit „1 für alle“-Methode abgedeckt werden

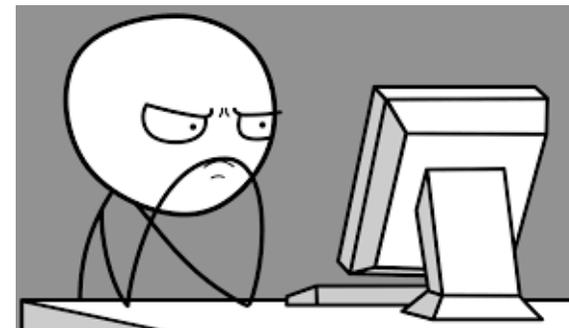
- Je nach Gebäudetyp, liegen Fenster nicht auf einer Ebene (Treppenhausfenster, Erker); es gibt zusätzliche Fenster (Keller, Treppenhausfenster)



Vergleich Fassadenbild (li) und Mittelpunkte der Bboxes (re): Die Erkerfenster liegen nicht auf derselben Ebene, wie die restlichen Fenster des Stockwerkes

Dachgeschoss

- Fehlerquelle: unklare Definition Dachgeschoss / Vollgeschoss
 - Unsere Definition: Sichtbarkeit von **Gaube** und/ oder **Dachfenster**
- Problem dabei:
 - Gauben / Dachfenstern nicht immer von der Straße aus erkennbar
 - Teilweise sind Gaube und Fenster auf einer Ebene => selbst „als Mensch“ schwer zu entscheiden



Unklar: Hat dieses Gebäude 2 Stockwerke + DG oder 3 Stockwerke?

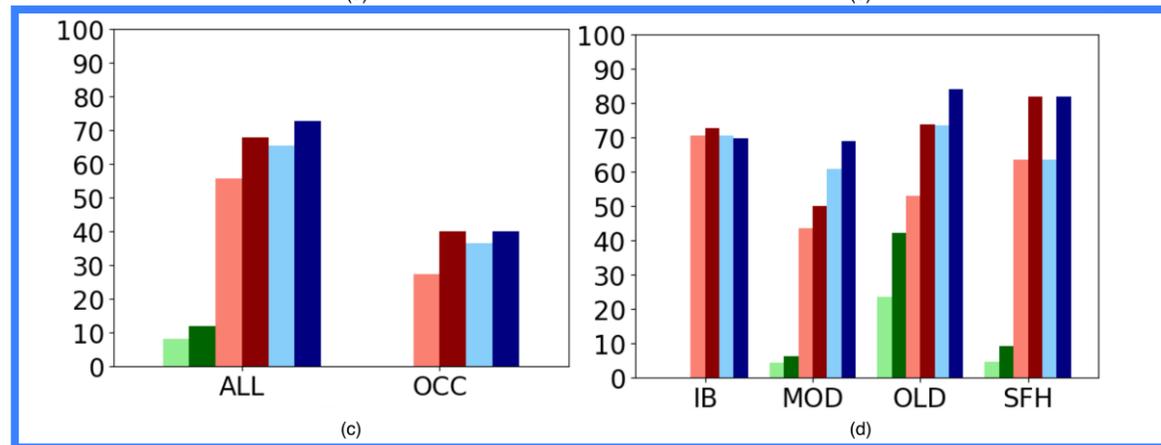
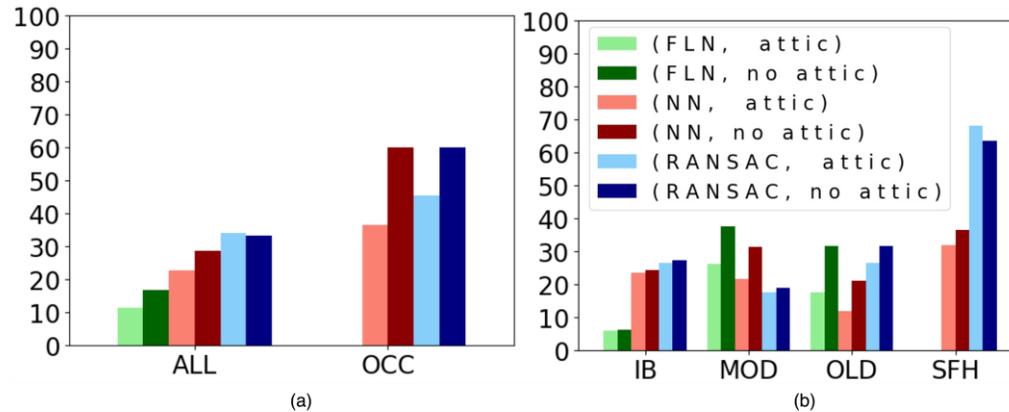


Ergebnisse

Ergebnisquoten

Ergebnisse für verschiedene Methoden und Bildtypen

Perspektivisches Bild



Oberflächenbild Fassade

IB = Platte
MOD = Modern
OLD = Altbau
SFH = Einfamilienhaus
OCC = verdeckt
ALL = Durchschnitt über alle

Auf einen Blick:

- Gebäudefassaden gezielt zu extrahieren hat erheblichen Einfluss auf Qualität des Ergebnisses im Vergleich zu einem perspektivischen Bild
- Quoten sind immer besser, werden Gebäude ohne Dachgeschosse herausgerechnet
- Unterschiedliche Gebäudetypen liefern unterschiedlich gute Ergebnisse
 - Anpassung der Algorithmen auf Gebäudetypen kann die Quote verbessern

Wenn man noch mehr Information hätte...

Baualtersklasse	EFH	RH	MFH	GMH	HH
	Basis-Typen				
A ... 1859	EFH_A		MFH_A		
B 1860 ... 1918	EFH_B	RH_B	MFH_B	GMH_B	
C 1919 ... 1948	EFH_C	RH_C	MFH_C	GMH_C	
D 1949 ... 1957	EFH_D	RH_D	MFH_D	GMH_D	
E 1958 ... 1968	EFH_E	RH_E	MFH_E	GMH_E	HH_E
F 1969 ... 1978	EFH_F	RH_F	MFH_F	GMH_F	HH_F
G 1979 ... 1983	EFH_G	RH_G	MFH_G		
H 1984 ... 1994	EFH_H	RH_H	MFH_H		
I 1995 ... 2001	EFH_I	RH_I	MFH_I		
J 2002 ... 2009	EFH_J	RH_J	MFH_J		
K 2010 ... 2015	EFH_K	RH_K	MFH_K		
L 2016 ...	EFH_L	RH_L	MFH_L		

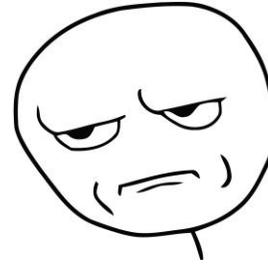
- Evaluation zeigt: Verbesserung der Stockwerkerkennungs-Quoten möglich, wenn Gebäudetypp bekannt

AWF Gebäudetypisierung: derzeitiger Zwischenstand:
Erkennung des Gebäudetyp: ca. 88%, Erkennung des Baujahres: ca. 62 / 76%

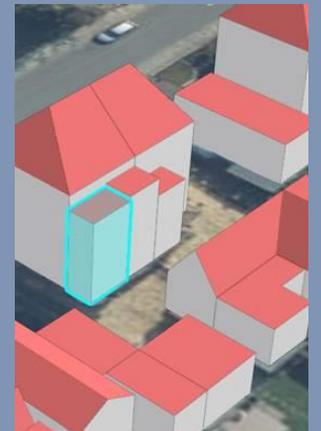
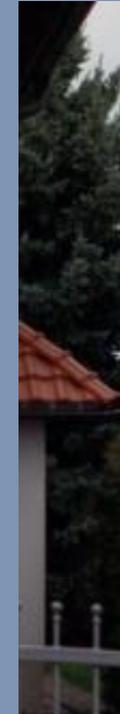
- Input: Fassadenbild, Output: Gebäudetypp / Baujahr
- Was ändert sich? NN wird nicht mehr auf Fassadenobjekte trainiert (*Objekterkennung*), sondern auf die Erkennung der Gebäudetypen / Baujahr (*Klassifizierung*)

Von der Idee zur Umsetzung: ein Rückblick

- Viele Probleme offenbaren / klären sich erst im Laufe des Prozesses:
 - 3D-Stadtgrundkarte:
 - Struktur-Aufbau des XML
 - Was sind Gebäudeteile?
 - Warum sind Gebäude IDs nicht *unique*?
 - Stadtbefahrungsdaten:
 - Zeigen unrealistischen Bildausschnitt => wo liegt der Fehler?
 - Gebäudeteil von Hauptgebäude / Vegetation verdeckt
 - Dachgeschoss: zählen oder nicht; Definition?



Beide Gebäudeteile teilen sich eine ID



Gebäudeteil verdeckt

Von der Idee zur Umsetzung: ein Rückblick

„Erster gemeinsamer Anwendungsfall“ => viele Learnings

- Learning 1: Was wird überhaupt als Ergebnis erwartet?
 - Erkenntnis: Vollautomatisierung ist nicht möglich
 - Aber welche Quote ist „ausreichend“?
 - Kennzeichnung von KI-erzeugten Ergebnissen in DB-Einträgen?
- Learning 2: Entwicklung eines Webtools
 - Reaktion auf Quoten-Unsicherheit
 - Forschungsergebnisse sind visuell aufbereitet viel leichter zu diskutieren

Überprüfen Sie die erkannte Anzahl an Stockwerken für das Fassadenbild

Fassade



Dach



Weiter



Korrektur

- **Daten** Fassadenbilder von Gebäuden
 - Wenn diese nicht vorhanden, Information zu Gebäudegrundrissen und Höhen
 - Optional: Information zum Gebäudetyp / Baujahr
- **Code** Das trainierte Netz zur Erkennung von Fassadenobjekten & Algorithmus zur Ableitung der Stockwerke aus Fassadenobjekten (=> GitHub)
 - Gegeben falls muss das Netz mit Fassaden aus der jeweiligen Stadt nachtrainiert werden, weil die Stadt andere architektonische Eigenschaften besitzt (bspw. Fachwerk)

Woran können wir noch arbeiten?

- Erkennung der Dachgeschosse über Befliegungsdaten
- Replizierbarkeit verbessern: Möglichkeiten Bilder über Google Street View beziehen?
- Change Detection: durch regelmäßige Befahrungen können Unterschiede erkannt werden



Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!

Partnerstädte:



Gefördert durch:



Aruscha Kramm

kramm@informatik.uni-leipzig.de