

Landesamt für Geoinformation
und Landesvermessung Niedersachsen

Deep Learning Ansätze für die 3D-Gebäuderekonstruktion

Automatisierte Erzeugung von Trainingsdatensätzen

01. Februar 2024 – Oldenburger 3D-Tage – Jade Hochschule Oldenburg

Mike Engel, M.Sc.
Developer – geoLabs-Team “KI”

Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN)
- Regionaldirektion Oldenburg-Cloppenburg - Dezernat 2 - Geodatenmanagement

Stau 3, 26122 Oldenburg



Niedersachsen



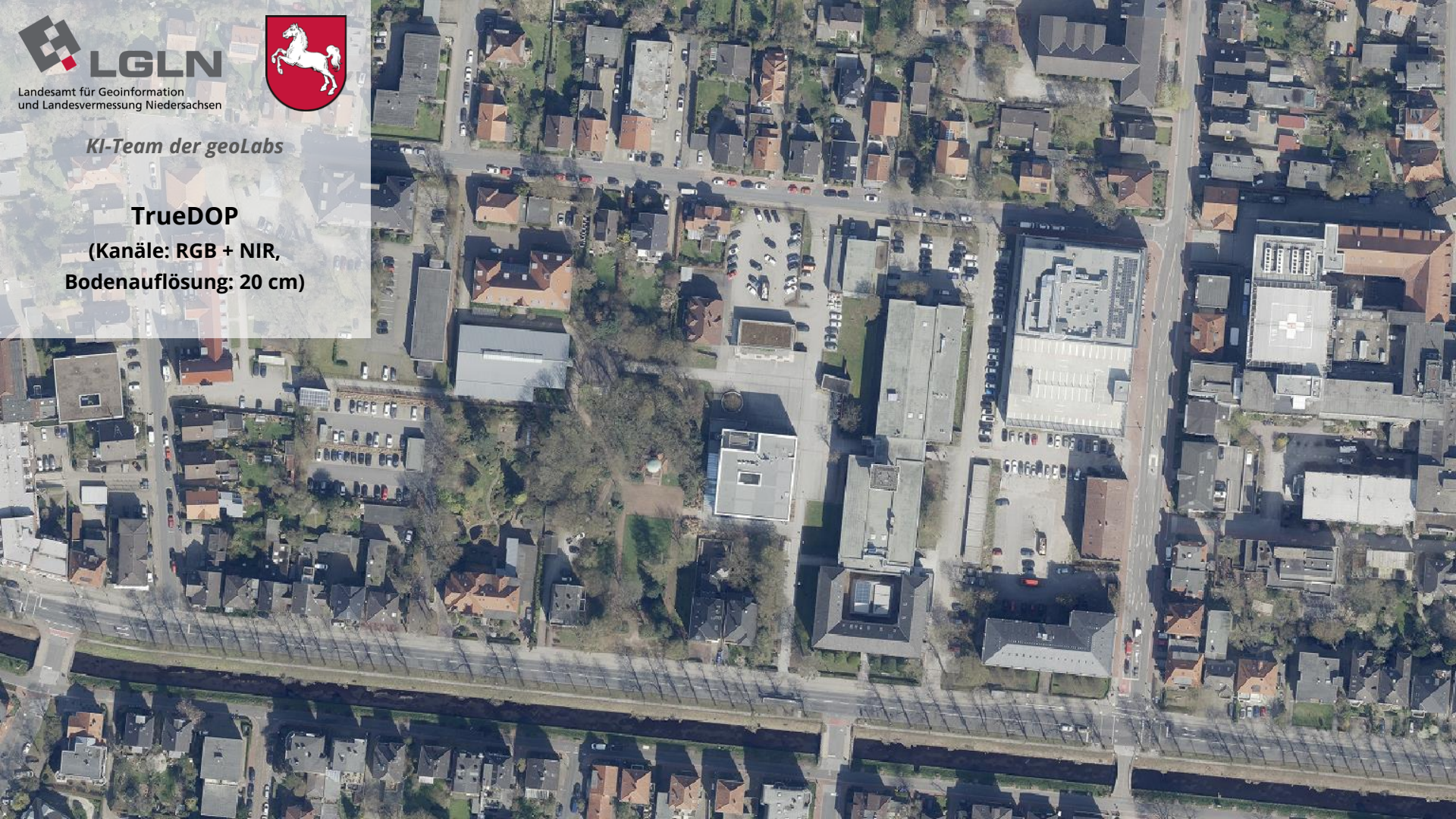
Landesamt für Geoinformation
und Landesvermessung Niedersachsen



KI-Team der geoLabs

TrueDOP

(Kanäle: RGB + NIR,
Bodenauflösung: 20 cm)





KI-Team der geoLabs

September 2023

KI-Gebäudeerkennung
- Generation 5 -



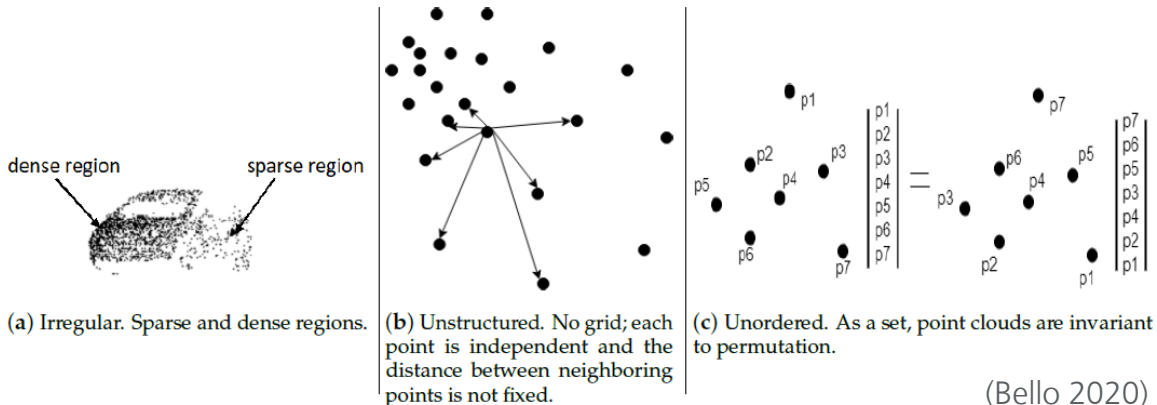
OPEN DATA

Geht das auch mit
3D-Daten?

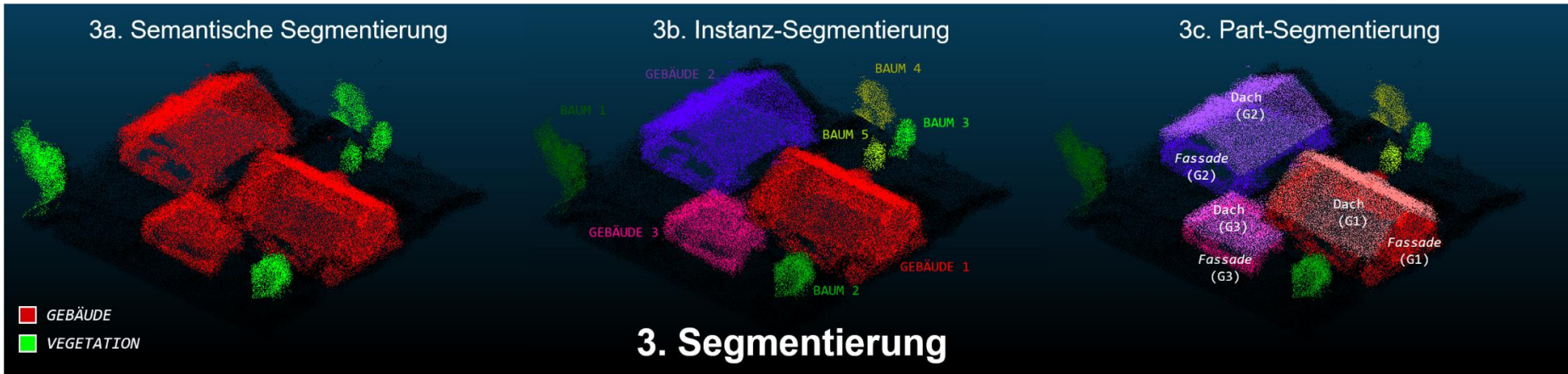
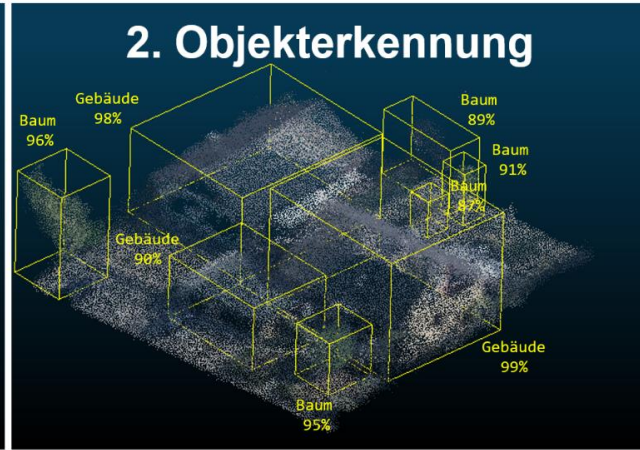


DL für 3D-Punktwolken

- DL für 3D-Daten → „neues“ Forschungsthema
- Besondere Herausforderungen:
 - Mangel an öffentlichen Trainingsdaten
 - Speziellen Eigenschaften von Punktwolken

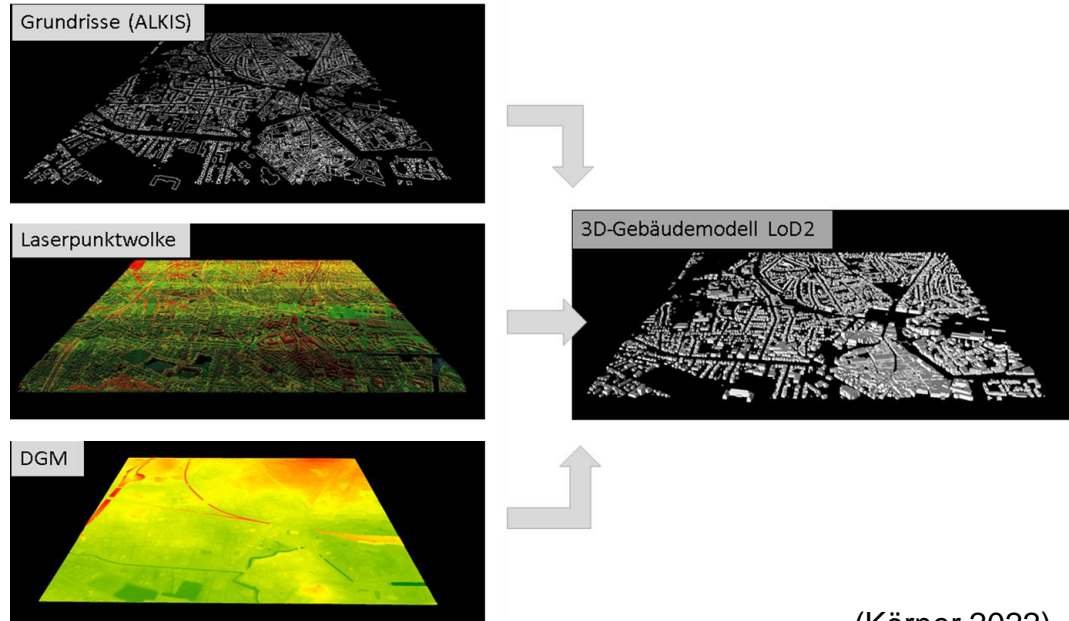


3D-DL Methoden - Begriffserklärung



3D-Gebäuderekonstruktion beim LGLN

- Automatische Ableitung aus ALKIS, Punktwolke und DGM
- Modellgetriebene/Regelbasierte Ableitung
 - Software: novaFactory, tridicon CityModeller
 - Qualität: ca. 30 % fehlerhaft
- Hoher Aufwand für interaktive Nachbearbeitung
 - nicht wirtschaftlich
 - schlechte Aktualität
 - Automatisierung wünschenswert



(Körner 2022)

3D-Gebäuderekonstruktion beim LGLN

Könnte KI unterstützen? **JA!**

- Automatische 3D-Gebäuderekonstruktion aus ALKIS, Punktwolke und DGM

Problem: Vielzahl an Trainingsdaten benötigt

- Software: novarcity, CityModeller
- keine öffentlichen Trainingsdatensätze
- manuelle Erzeugung/Annotation aufwendig
- ca. 30 % fehlerhaft

- Hoher Aufwand für interaktive Nachbearbeitung

Lösung: Automatisierte Trainingsdaten Erzeugung aus amtlichen Geodaten

(Körner 2022)





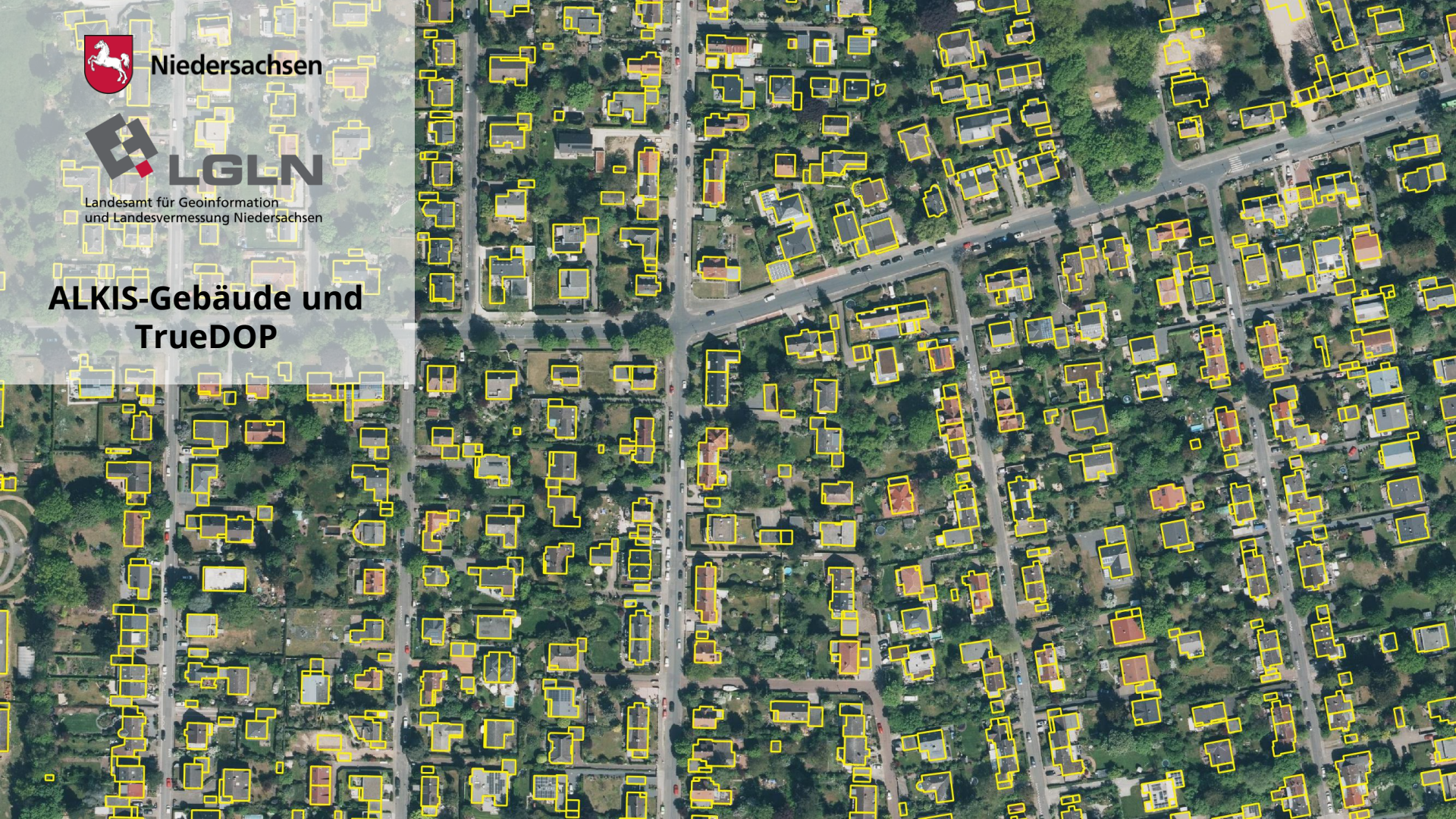
Niedersachsen



LGLN

Landesamt für Geoinformation
und Landesvermessung Niedersachsen

ALKIS-Gebäude und TrueDOP





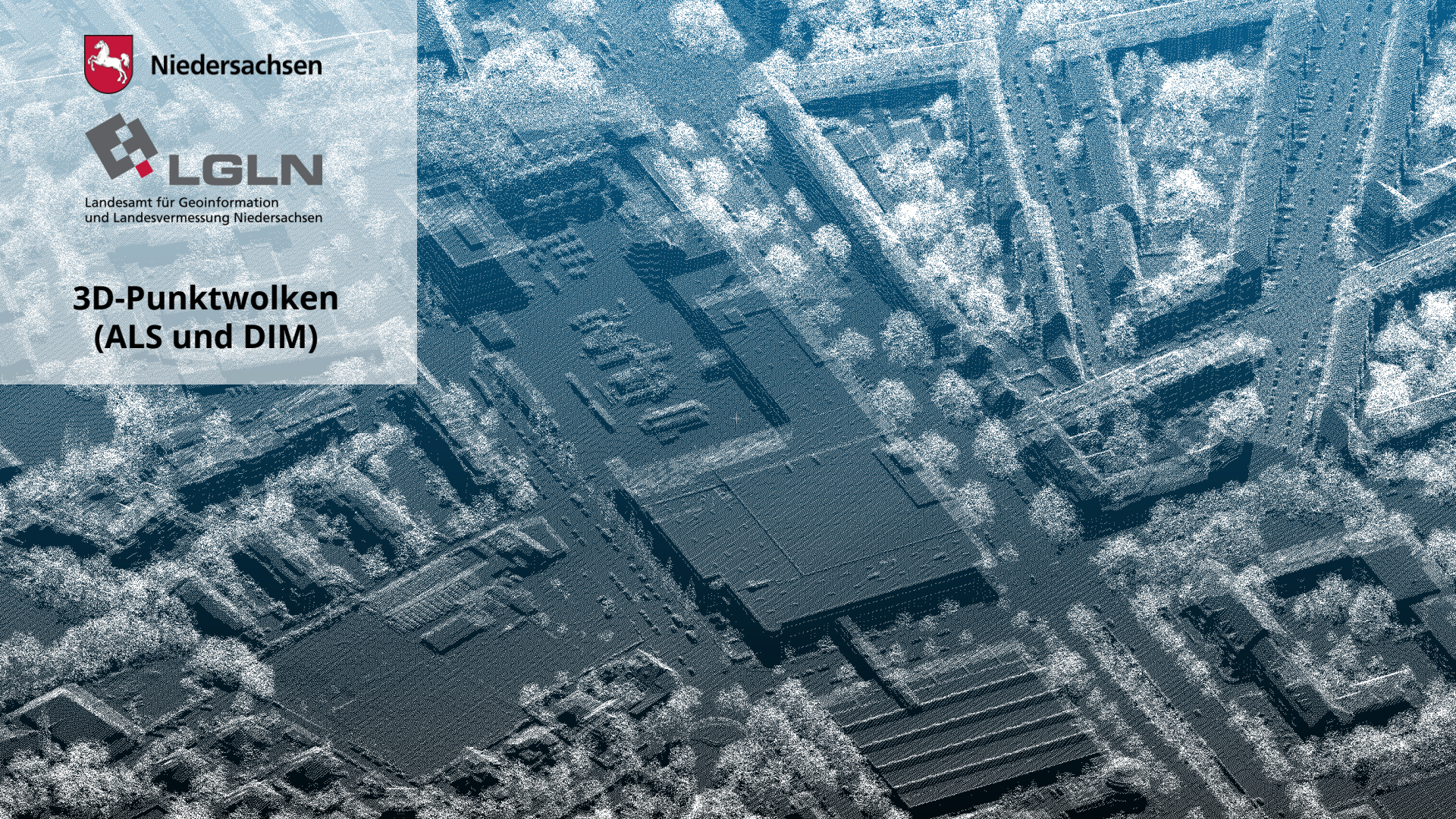
Niedersachsen



LGLN

Landesamt für Geoinformation
und Landesvermessung Niedersachsen

3D-Punktwolken (ALS und DIM)





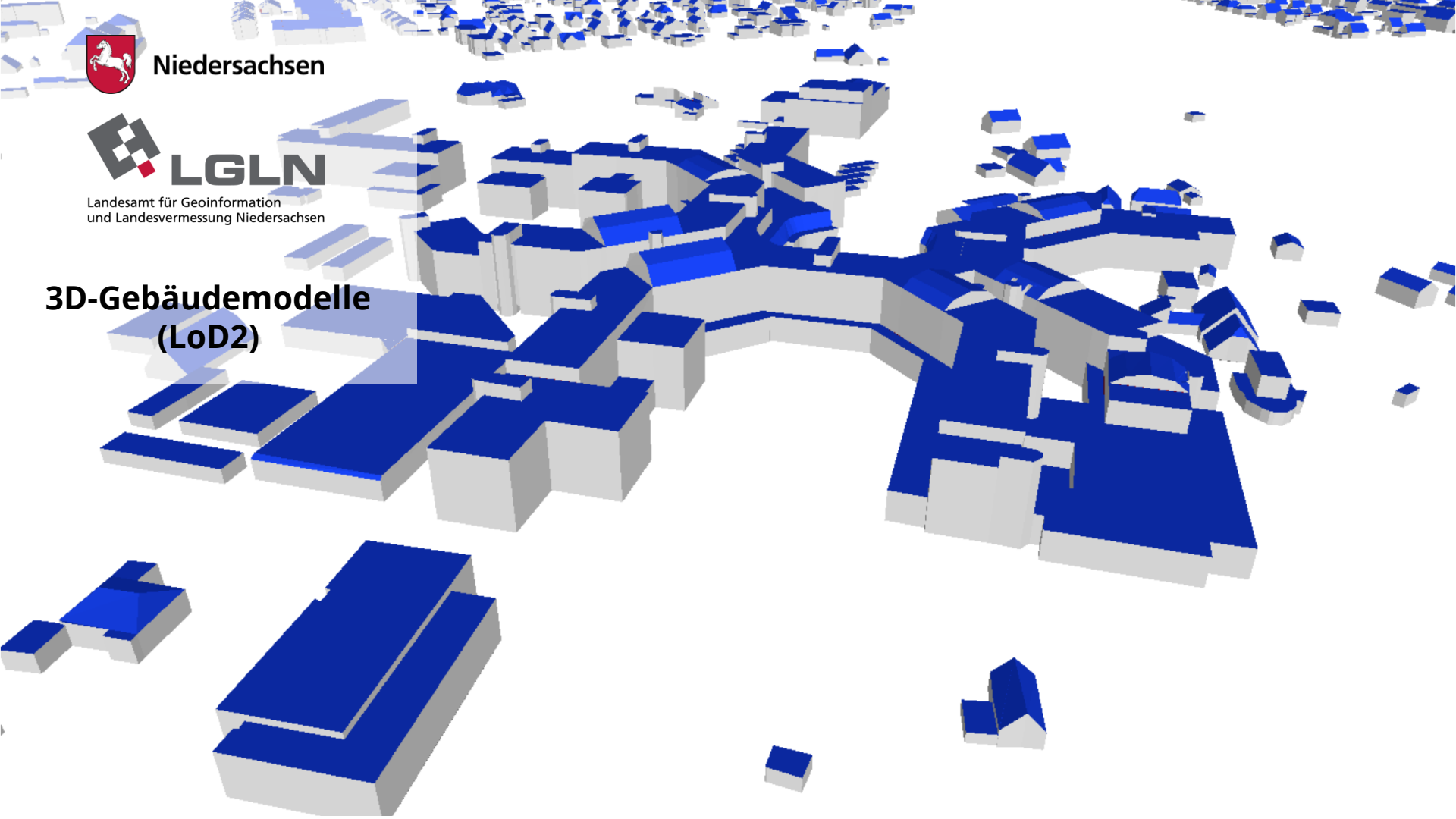
Niedersachsen



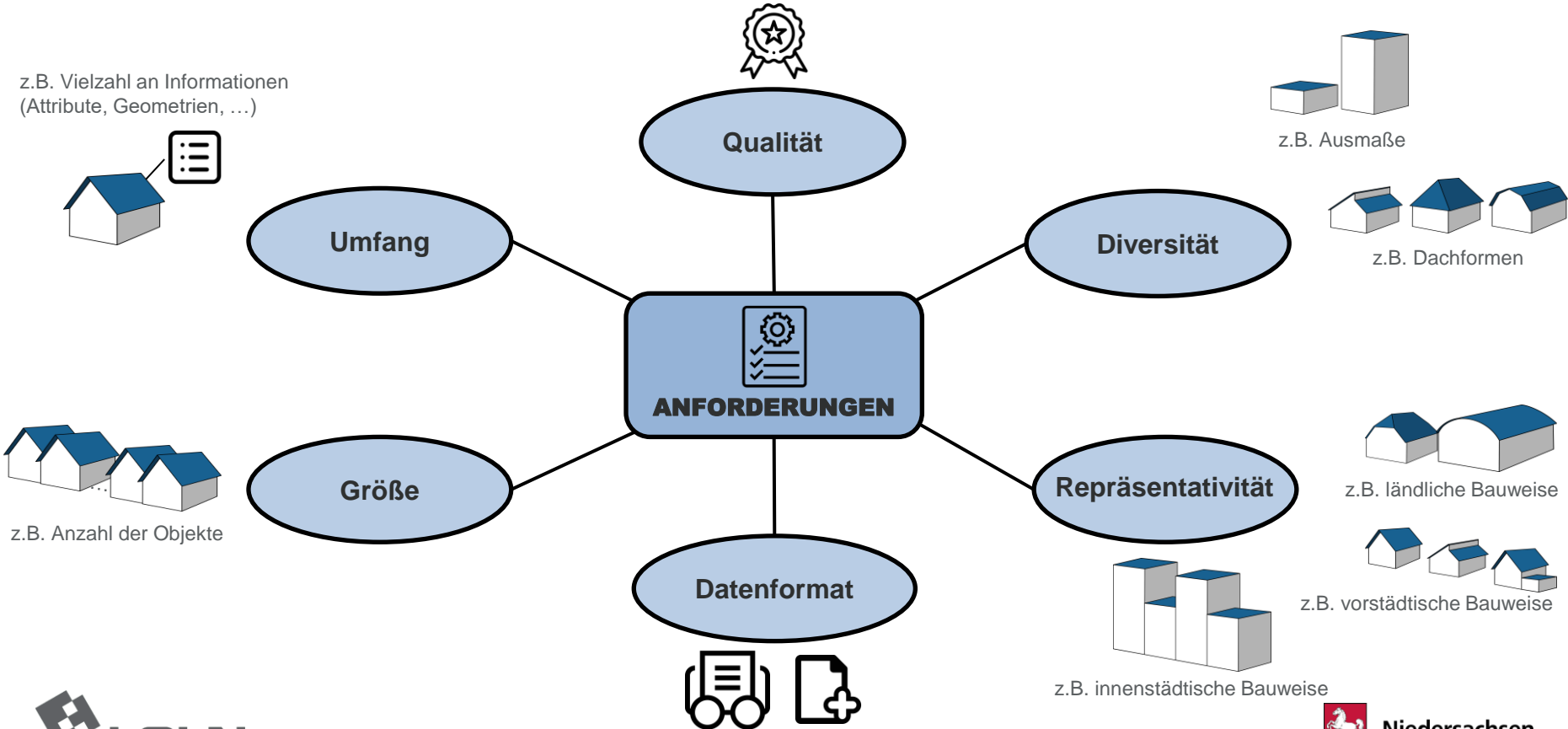
LGLN

Landesamt für Geoinformation
und Landesvermessung Niedersachsen

3D-Gebäudemodelle (LoD2)

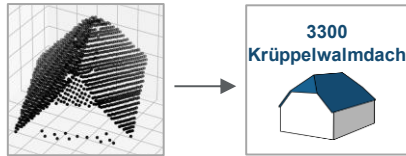


Anforderungen an die Trainingsdaten



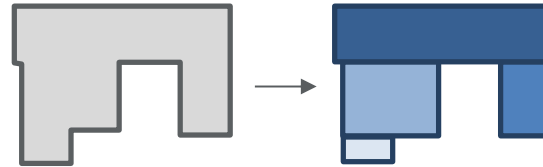
Anforderungen: Aufgabenbereiche

KLASSIFIKATION



Dachformerkennung

SEGMENTIERUNG



Zerlegung komplexer Gebäude

SONSTIGES

- Ableitung von Dachneigung
- Ableitung von Orientierung
- Ableitung von Firstlinien
- 3D-Objekterkennung

➤ **ERGEBNIS: zwei Datensätze/Frameworks**

- **D1: Dachklassifikation**
- **D2: Gebäudeteilsegmentierung**

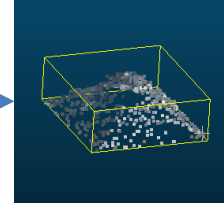
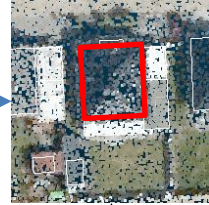
Framework für D1 (Dachklassifikation)

INPUT

Points in Polygon

OUTPUT

Punktwolken
(ALS und DIM)



1000

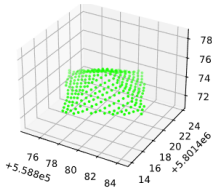
...

3400

3500

...

4000



ALKIS-Grundriss



Grundriss-
Geometrie

First- und
Traufhöhe

LoD2-
Dachform

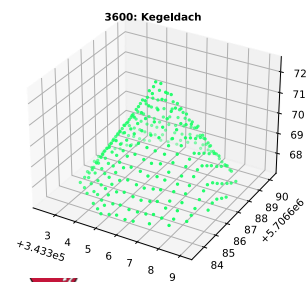
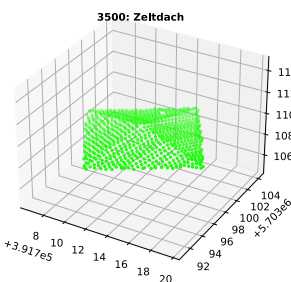
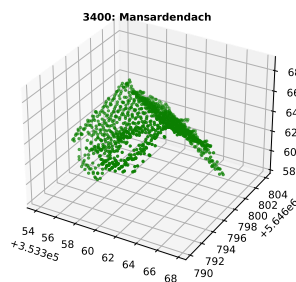
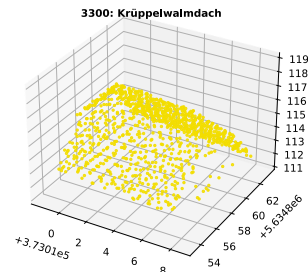
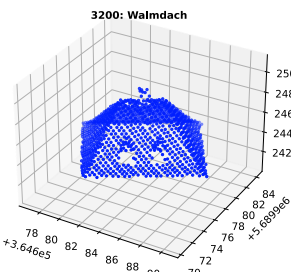
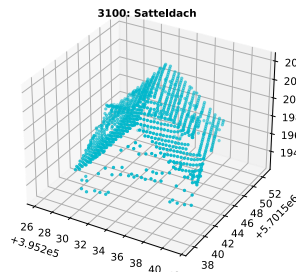
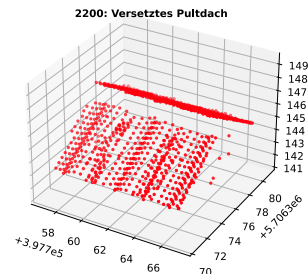
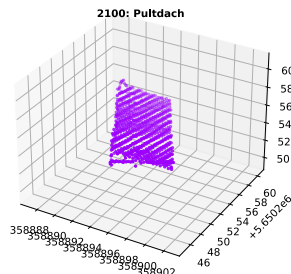
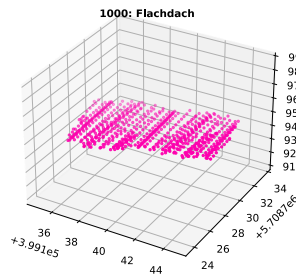
LoD2-Attribute

Geb-ID	Dachform	H_Trauf	H_First	...
DENILD...43Sf	3100	40,79	43,99	
DENILD...T5Mo	3500	40,45	43,95	

Bedeutung	Wert
Flachdach	1000
Pultdach	2100
Versetztes Pultdach	2200
Satteldach	3100
Walmdach	3200
Krüppelwalmdach	3300
Mansardendach	3400
Zeltdach	3500
Kegeldach	3600
Kuppeldach	3700
Sheddach	3800
Bogendach	3900
Turmdach	4000

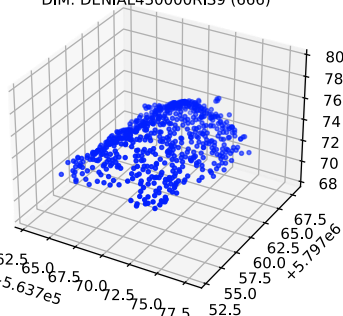
Datensatz D1: Dachformklassifikation

- Samples für 13 verschiedenen Dachformen (AdV-Standard)
- Gesamtzahl: ca. 90.000
- DIM und ALS-Punktwolken

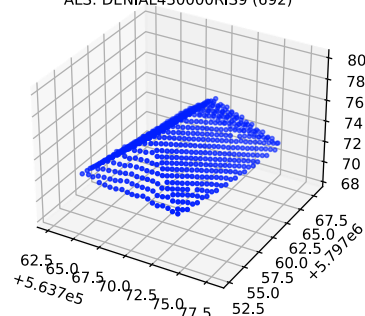


DIM: DENIAL430000RIS9 (666)

3200: Walmdach



ALS: DENIAL430000RIS9 (692)

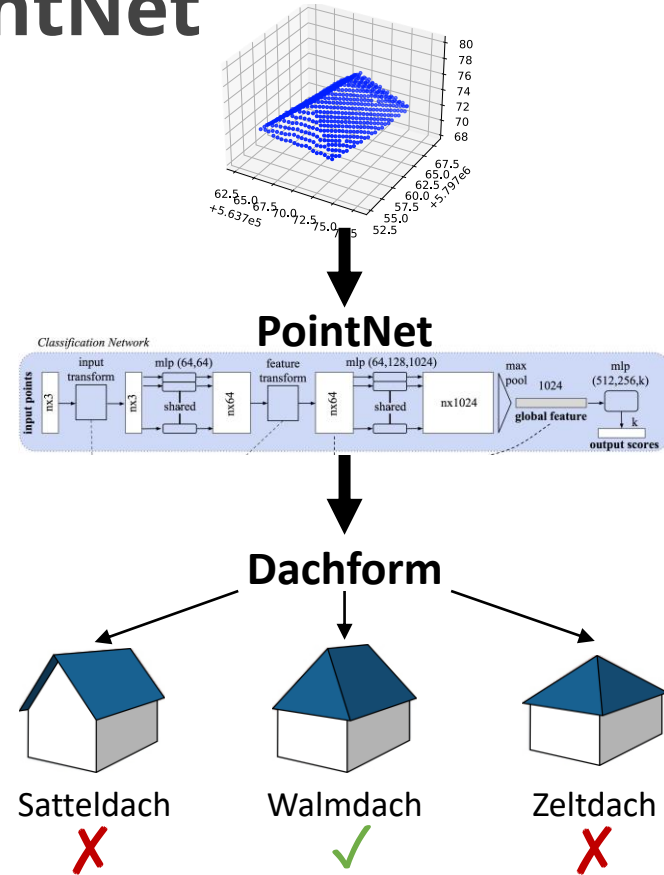


Dachformklassifikation mit PointNet

- Training eines DL-Klassifikationsnetzwerk zur Dachformerkennung überprüfen
- PointNet (Qi et al. 2017)
- Verwendung sechs häufigsten Dachformen
 - Flach-, Pult-, Sattel-, Walm-, Krüppelwalm- und Zeltdach

Ablauf:

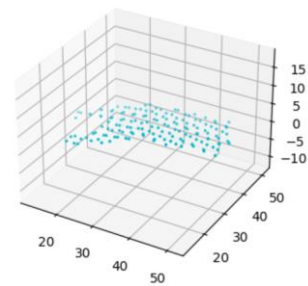
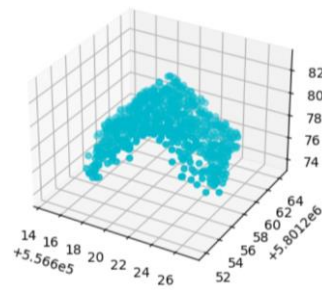
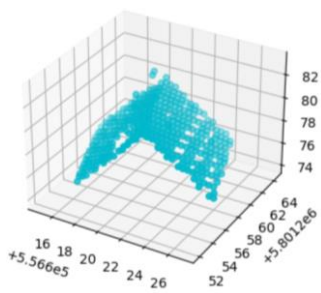
- 1. Vorverarbeitung
- 2. Implementierung
- 3. Modelltraining
- 4. Modellevaluierung



Dachformklassifikation mit PointNet

Ablauf:

- 1. Vorverarbeitung
- 2. Implementierung
- 3. Modelltraining
- **4. Modellevaluierung**



T1: ALS-Hannover

True Label	1000	2100	3100	3200	3300	3500
1000	1825	39	11	62	46	4
2100	0	72	0	4	10	0
3100	29	132	2749	60	98	17
3200	2	1	3	128	0	5
3300	0	0	0	8	24	0
3500	3	0	3	3	1	43
Predicted Label	1000	2100	3100	3200	3300	3500

T2: DIM-Hannover

True Label	1000	2100	3100	3200	3300	3500
1000	1819	44	15	51	51	7
2100	7	63	1	5	10	0
3100	88	167	2562	118	100	50
3200	7	1	6	115	2	8
3300	0	0	3	3	26	0
3500	5	0	1	3	0	44
Predicted Label	1000	2100	3100	3200	3300	3500

T3: RoofN3D-Samples

True Label	3100	3200	3500			
1000	397	27	922	109	14	31
3200	434	4	28	781	3	150
3500	69	0	1	5	0	1325
Predicted Label	1000	2100	3100	3200	3300	3500

Accuracy:

89,95 %

86,01 %

70,44 %

Qualität der LoD2-Eingangsdaten

Korrektheit der LoD2-Dachklasse

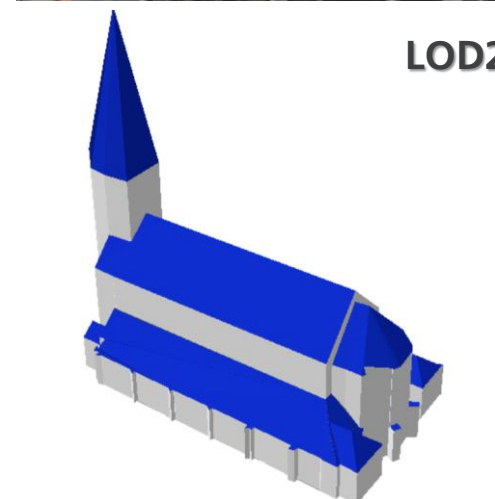
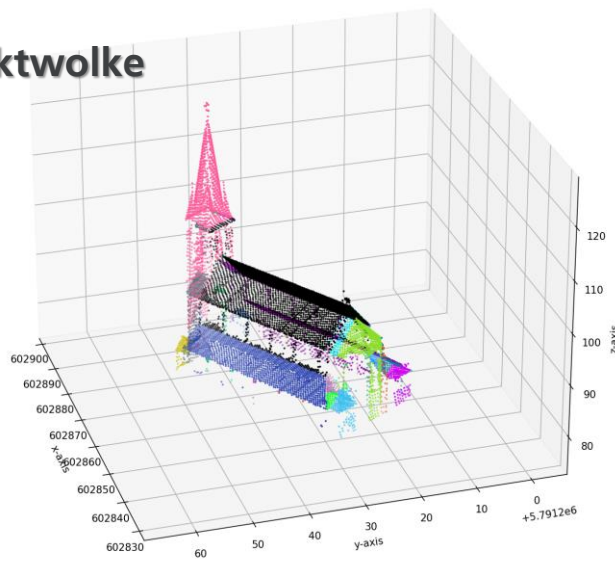
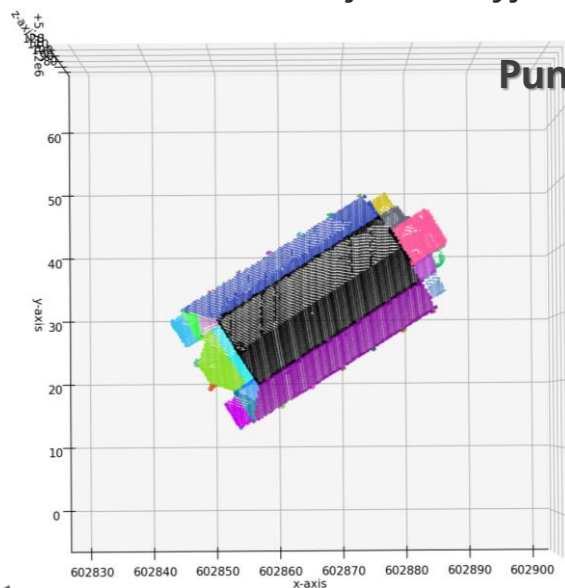
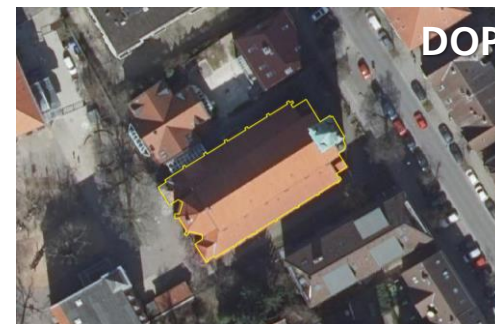
- Manuelle Beurteilung anhand DOP und Punktwolke
 - ca. 90 % der Dachformen sind korrekt

Dachtypen		D1: Primitive (ALKIS)				D2: Building/BuildingParts (LoD2)			
ID	Dachform	gesamt	accept	unclear	reject	gesamt	accept	unclear	reject
1000	Flachdach	100	96	0	4	100	100	0	0
2100	Pulldach	100	93	0	7	100	91	2	7
2200	Vers. Pulldach	1	1	0	0	1	0	0	1
3100	Satteldach	100	92	0	8	100	100	0	0
3200	Walmdach	100	86	0	14	100	93	2	5
3300	Krüppelwalmdach	100	100	0	0	100	98	0	2
3400	Mansardendach	30	25	4	1	4	1	0	3
3500	Zeltdach	100	84	0	16	100	61	0	39
3600	Kegeldach	1	1	0	0	0	0	0	0
3700	Kuppeldach	2	2	0	0	5	5	0	0
3800	Sheddach	25	19	6	0	2	2	0	0
3900	Bogendach	6	6	0	0	62	52	1	9
4000	Turmdach	1	1	0	0	7	4	0	3
	Gesamt	666	91,0%	1,5%	7,5%	681	89,1%	0,7%	10,1%

Datensatz D2: Gebäudeteilsegmentierung

Datensatz mit gelabelten Punktwolken nach Gebäudeteilen

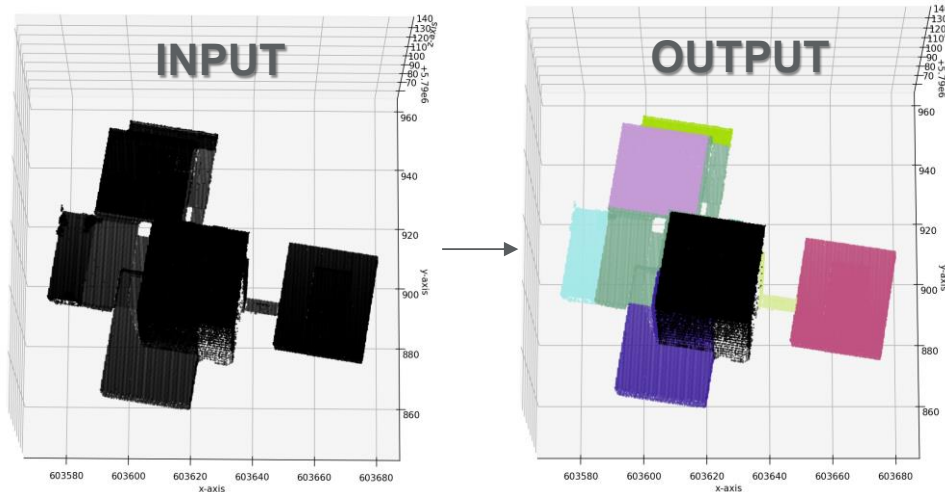
- Ableitung aus LoD2 (manuell/qualitätsgeprüft) und ALS
- Anzahl Gebäudeobjekte (cityjson): ~ 285.000



Datensatz D2: Gebäudeteilsegmentierung

Gebäudeteilextraktion aus Punktwolken mittels DL-Segmentierungsnetzwerk

- Automatische Zerlegung komplexer Gebäude in Gebäudeprimitive
 - 1 Gebäude => n Gebäudeteile
- Training eines Segmentierungsnetzwerks
 - Part-Segmentierung oder Instanz-Segmentierung

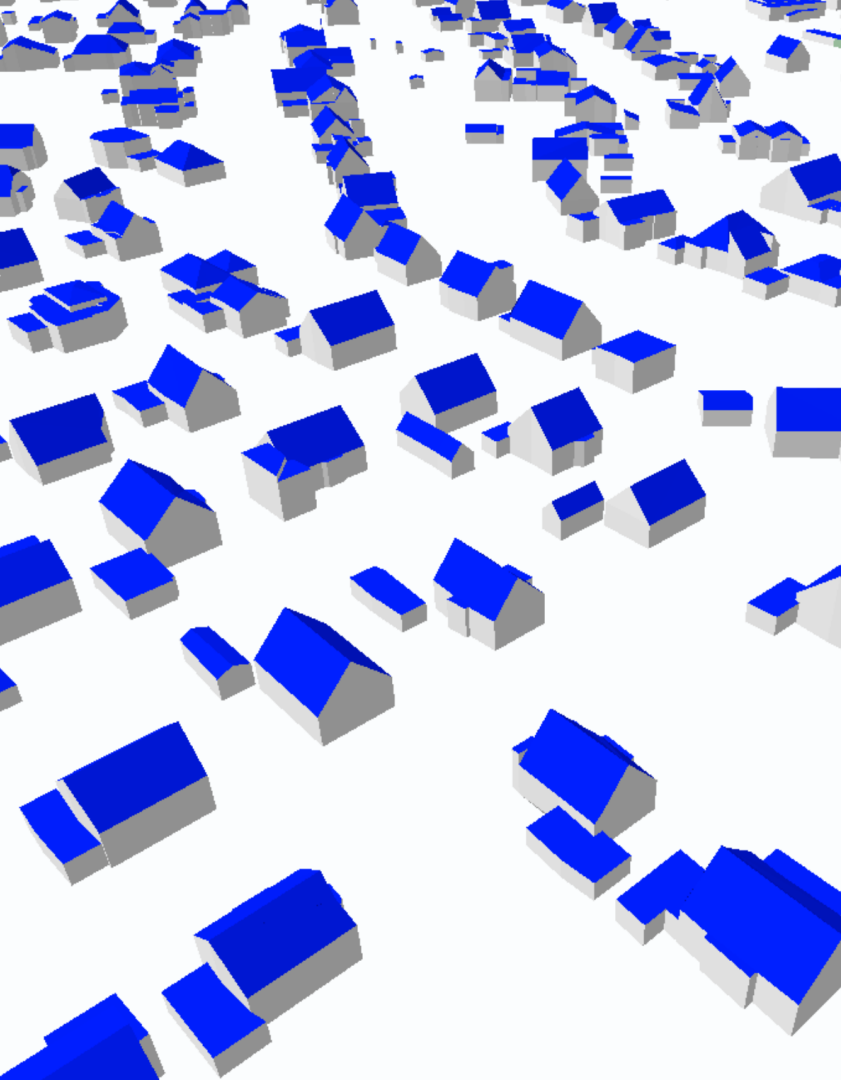


Fazit und Ausblick



- **Geodaten des LGLN** eignen sich als **Trainingsdaten**
 - Frameworks zur automatisierten Ableitung => zwei Trainingsdatensätze
 - Nutzbarkeit für das Training von DL-Netzwerken
 - Allerdings: grobe Fehler in den Daten nicht ausgeschlossen => KEINE Benchmarks
- **Trainingsdatensätze:** Grundlage für **zukünftige Untersuchungen**
- **Synthetische Erweiterung** der Trainingsdatensätze
 - Data Augmentation für 3D-Punktwolken
 - LoD2-/CAD-Modelle von Dachformen zu 3D-Punktwolken
- **Unterstützung** bestehender Prozesse in der **LoD2-Erzeugung**
 - End-to-End Deep Learning Modelle (z.B. Point2Roof [Li et al. 2022])





Landesamt für Geoinformation
und Landesvermessung Niedersachsen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

mike.engel@lgl.niedersachsen.de

Follow us:

@LGLN   

@LGLN_Developers 



Niedersachsen