Van platte plaatjes naar 3D

AHN en Beeldmateriaalcongres 2026

Dr. Ir. Tobias Wittwer – tobias.wittwer@haiperformance.nl

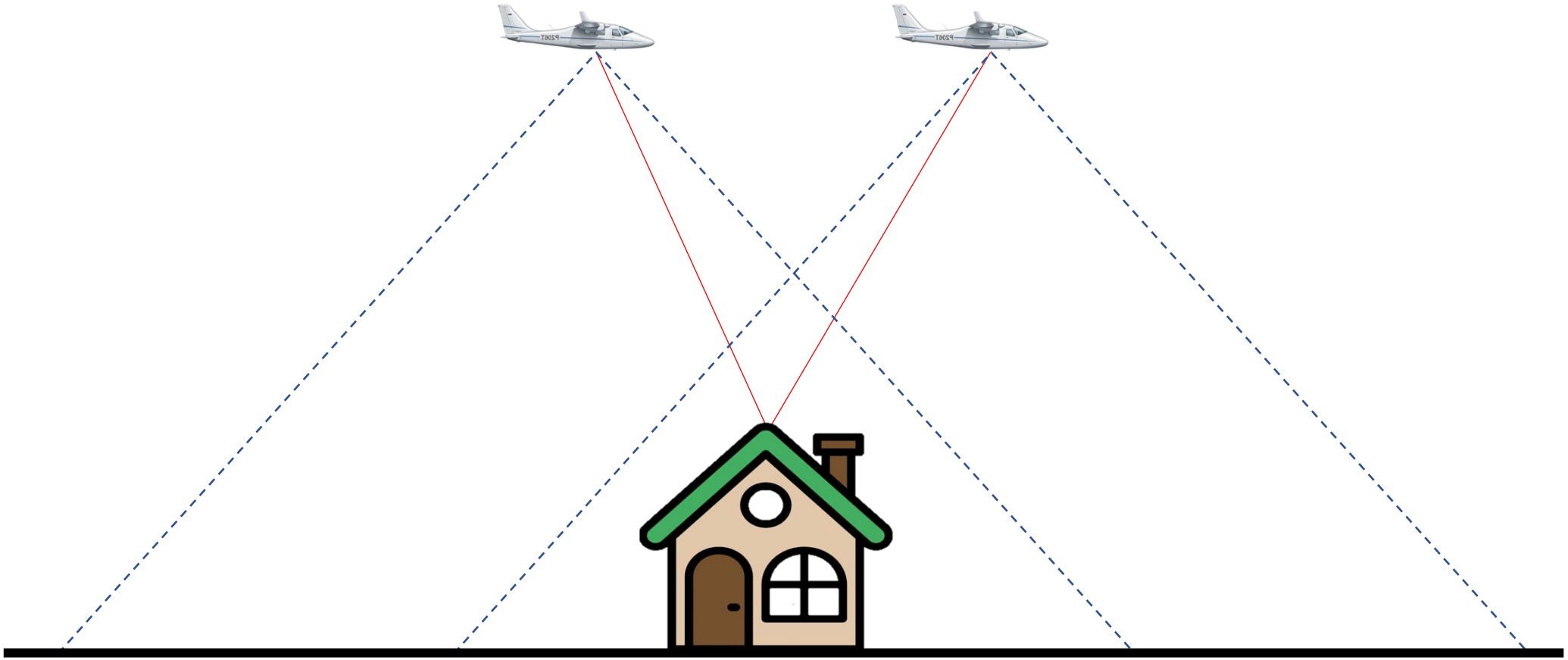
hai performance

hai performance

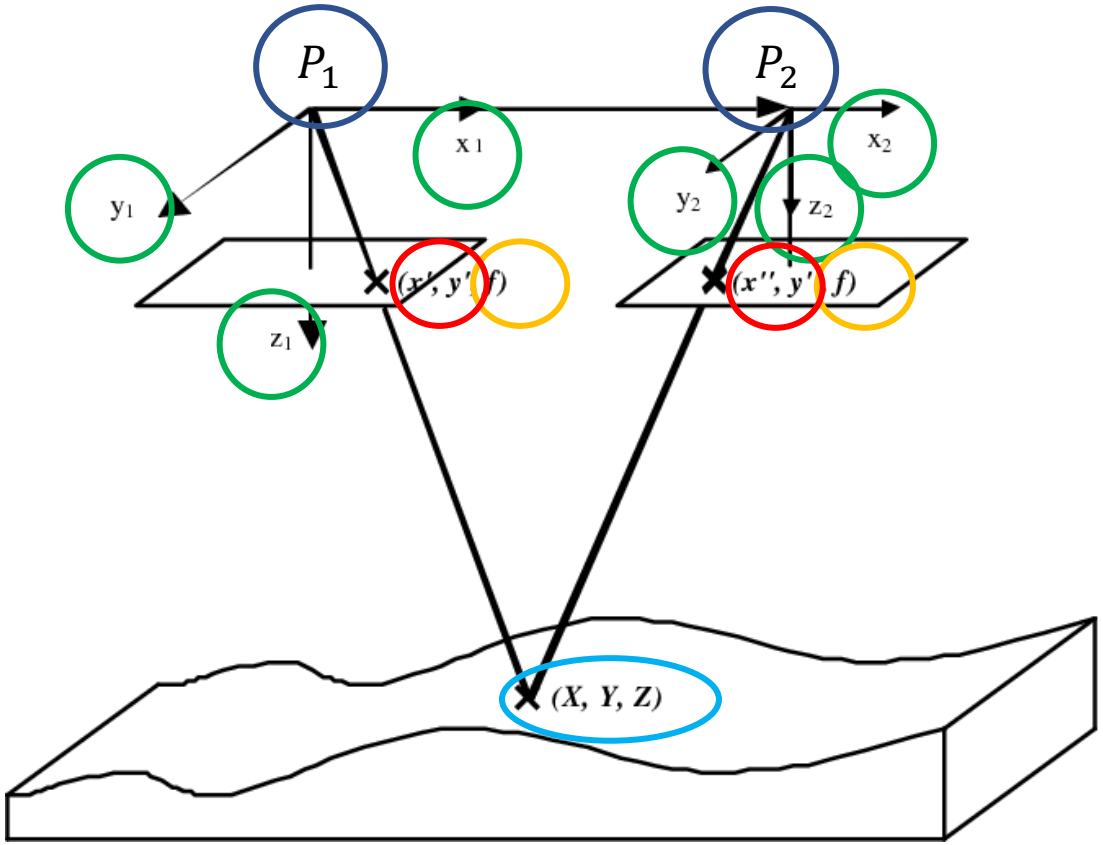
human+
artificial
intelligence

- Advies geodesie & geoinformatie
- Softwareontwikkeling
- Puntenwolken, fotogrammetrie, monitoring

De basis: stereofotografie



De basis: stereofotografie



https://www.researchgate.net/figure/The-normal-case-of-the-stereo-photogrammetry_fig1_3899910

- Benodigd:
  - Cameraposities
  - Cameraoriëntaties
  - Cameraeigenschappen
  - Beeldcoördinaten

Het proces

1

Inwinning

2

Matching

3

Aerotriangulatie

4

3D reconstructie

5

Informatieextractie

Matching

- Detectie van herkenbare punten (features) in de foto's
- Zoeken naar identieke punten in overlap → verbindingspunten

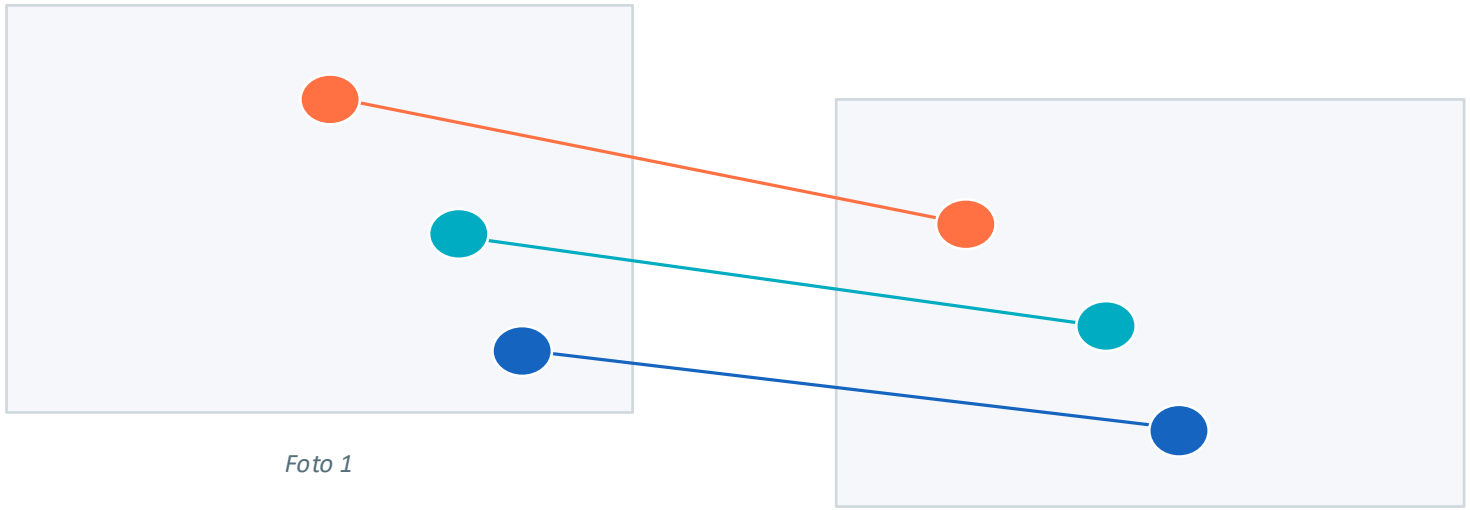
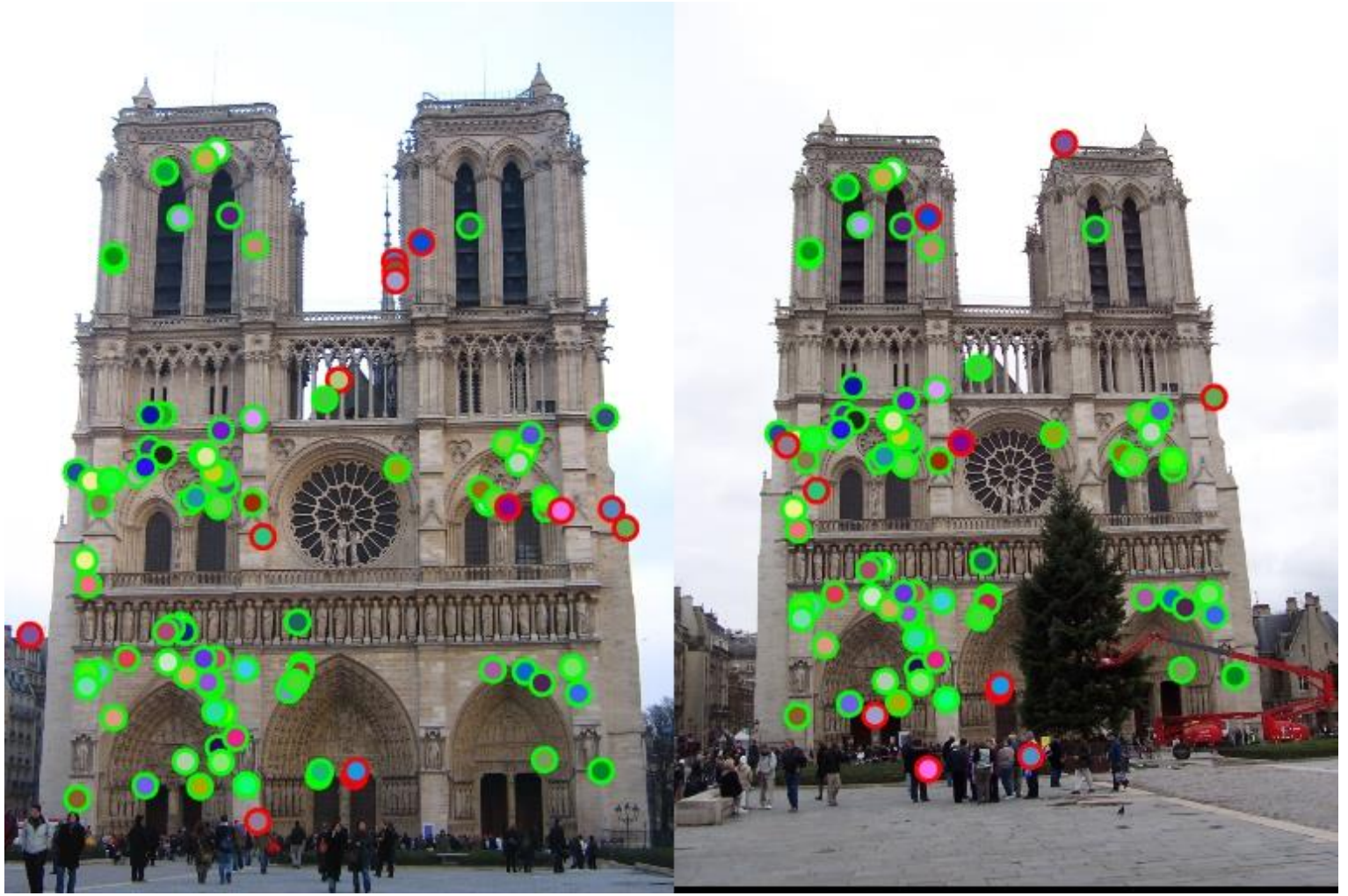


Foto 1

Foto 2

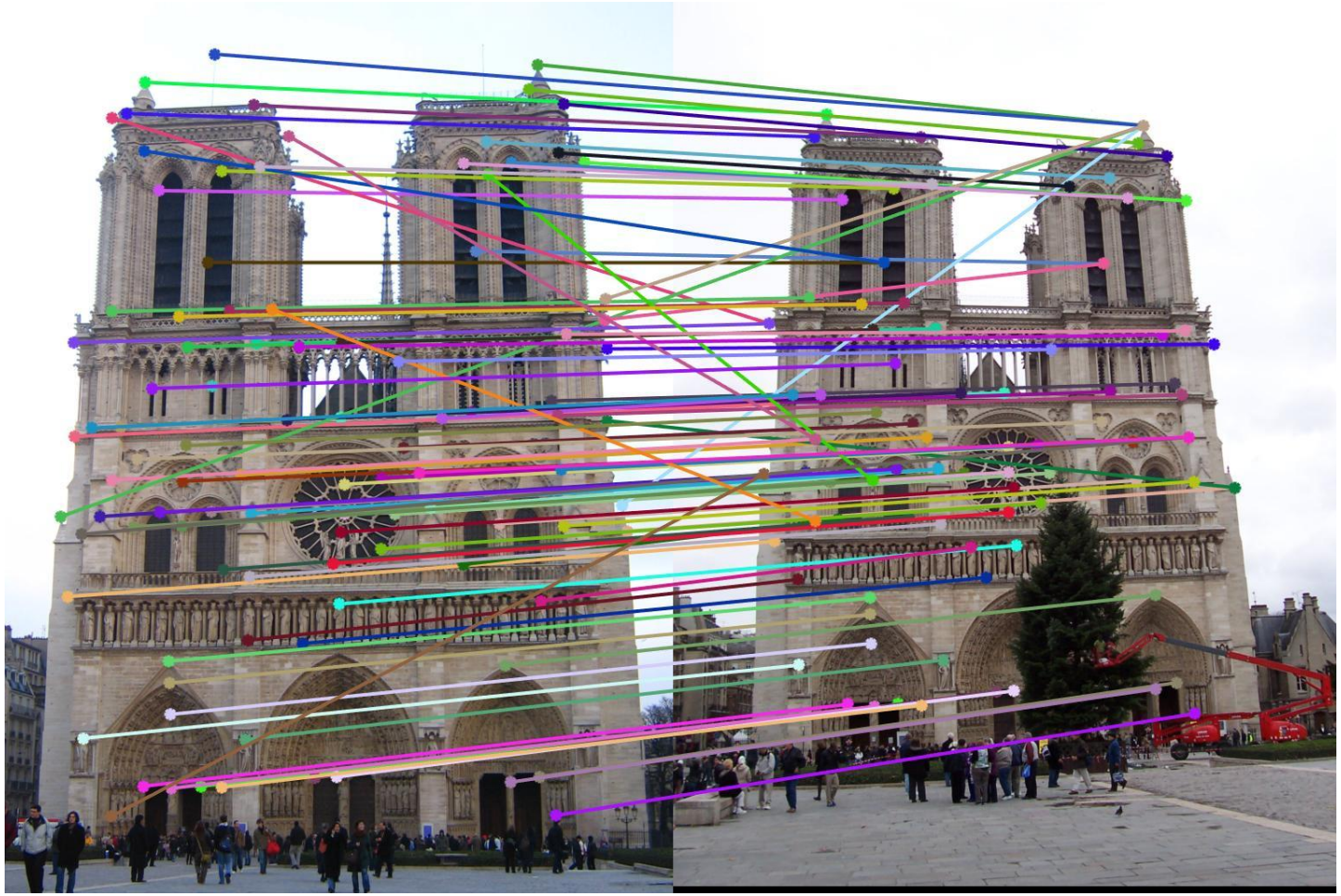
Featuredetectie

- SIFT
- SURF
- ORB
- Contrast vereist



https://sites.cc.gatech.edu/classes/AY2016/cs4476_fall/results/proj2/html/jsheng7/index.html

Featurematching

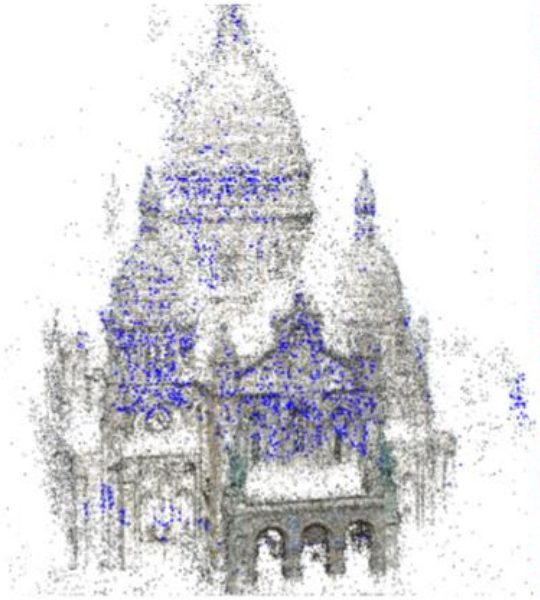


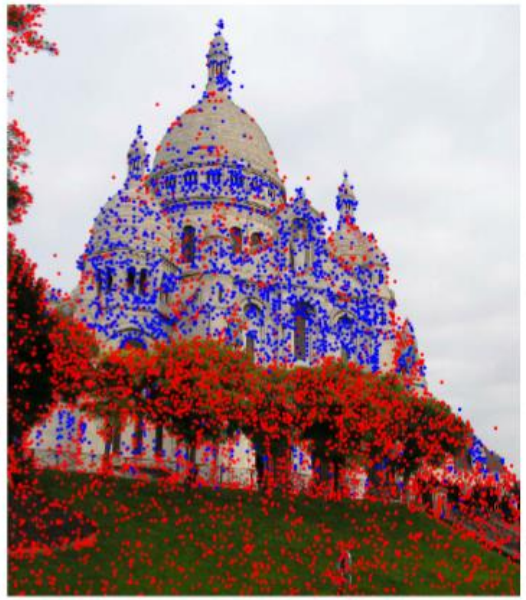
https://sites.cc.gatech.edu/classes/AY2016/cs4476_fall/results/proj2/html/scalhoun9/index.html

Learning-gebaseerde features

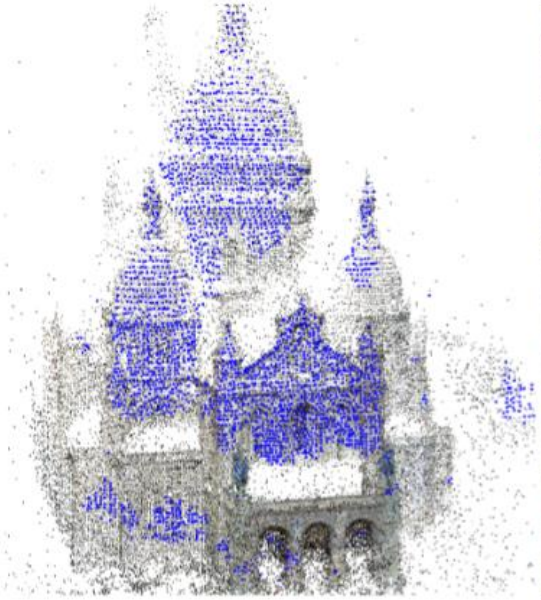
- SuperPoint, DISK
- Gebruikt neuraal netwerk voor featuredetectie

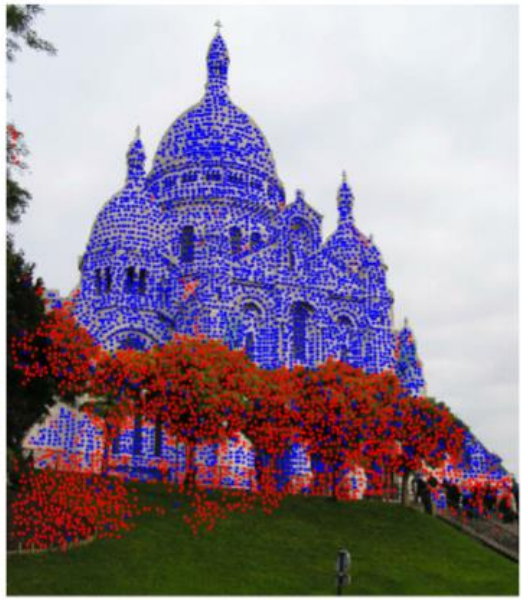
SIFT





DISK

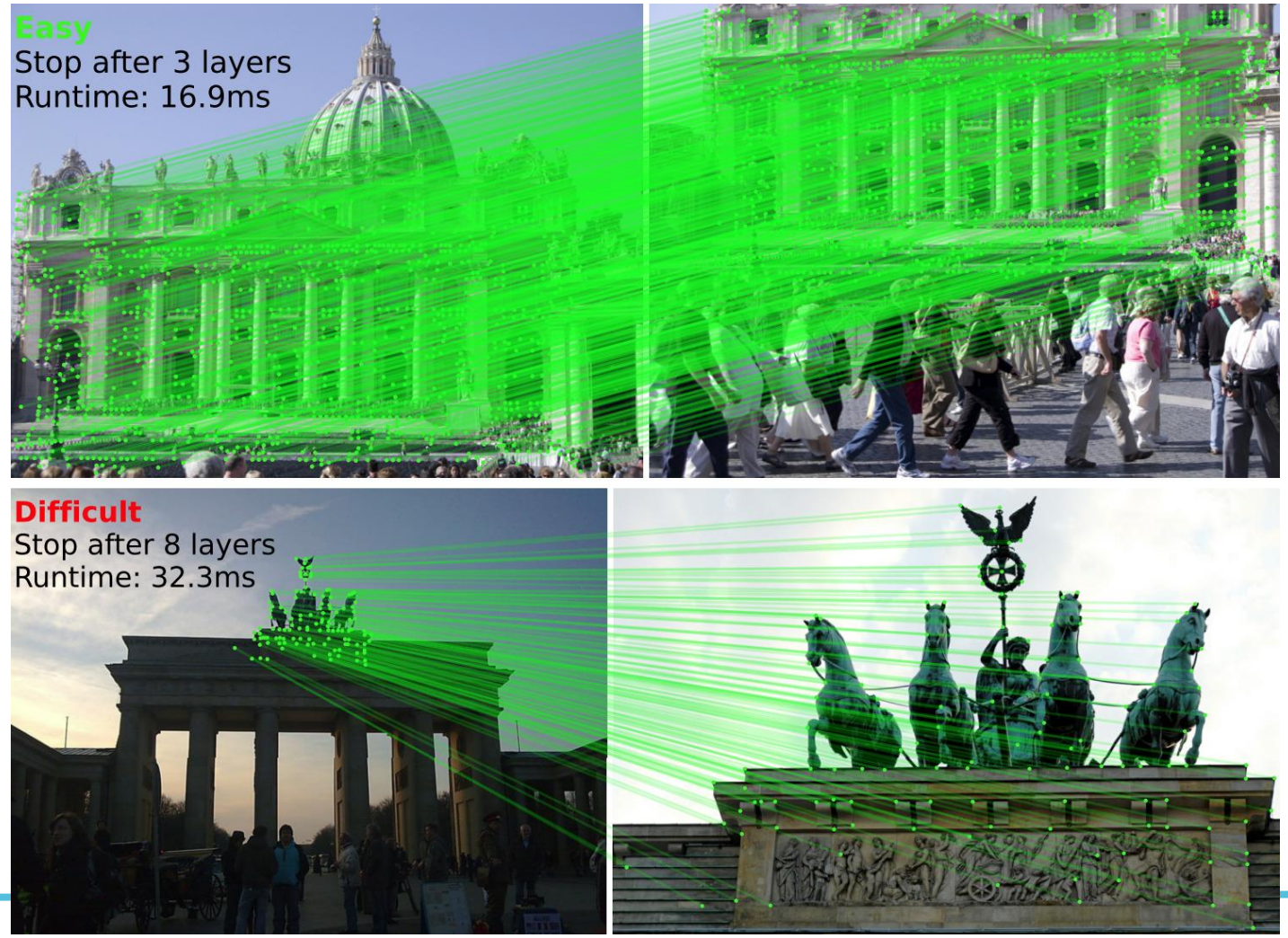




https://arxiv.org/pdf/2006.13566

Learning-gebaseerde matching

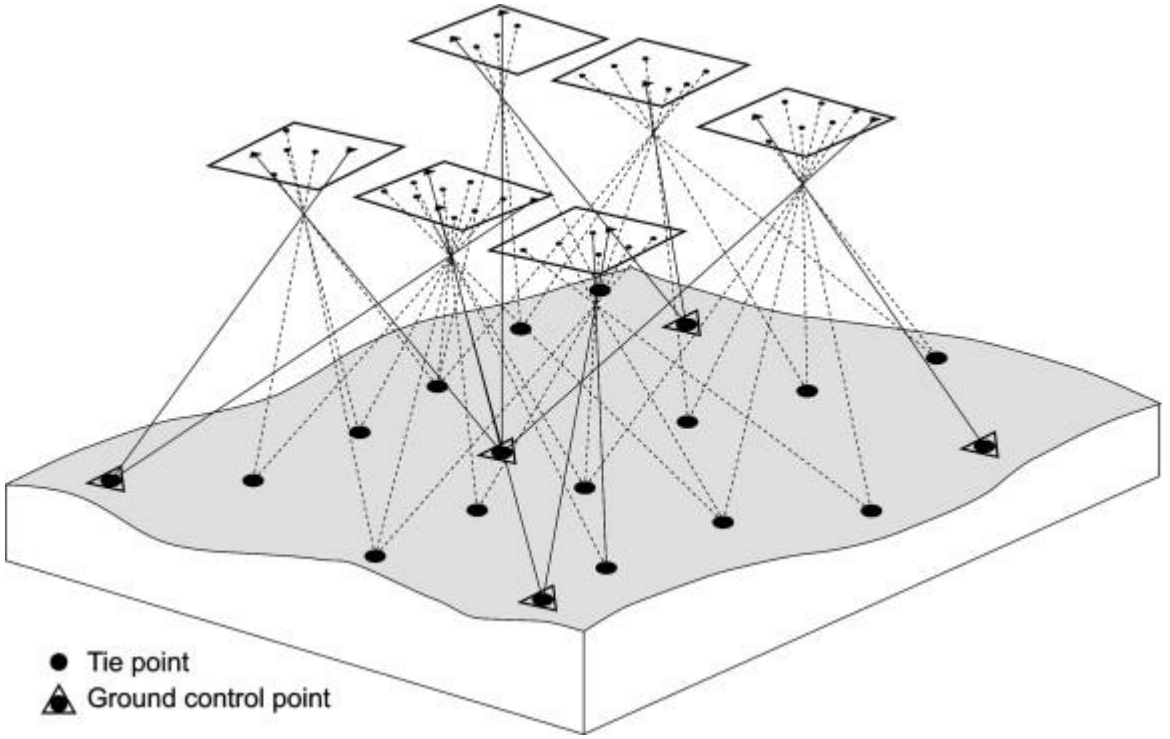
- SuperGlue, LightGlue
- Gebruikt neuraal netwerk voor matching



https://github.com/cvg/lightglue

Aerotriangulatie

- Berekening van cameraposities, oriëntaties, camerakalibratie
- Georeferentie via paspunten, GNSS
- “Blokvereffening”
- Vereist voor alle reconstructiemethodes

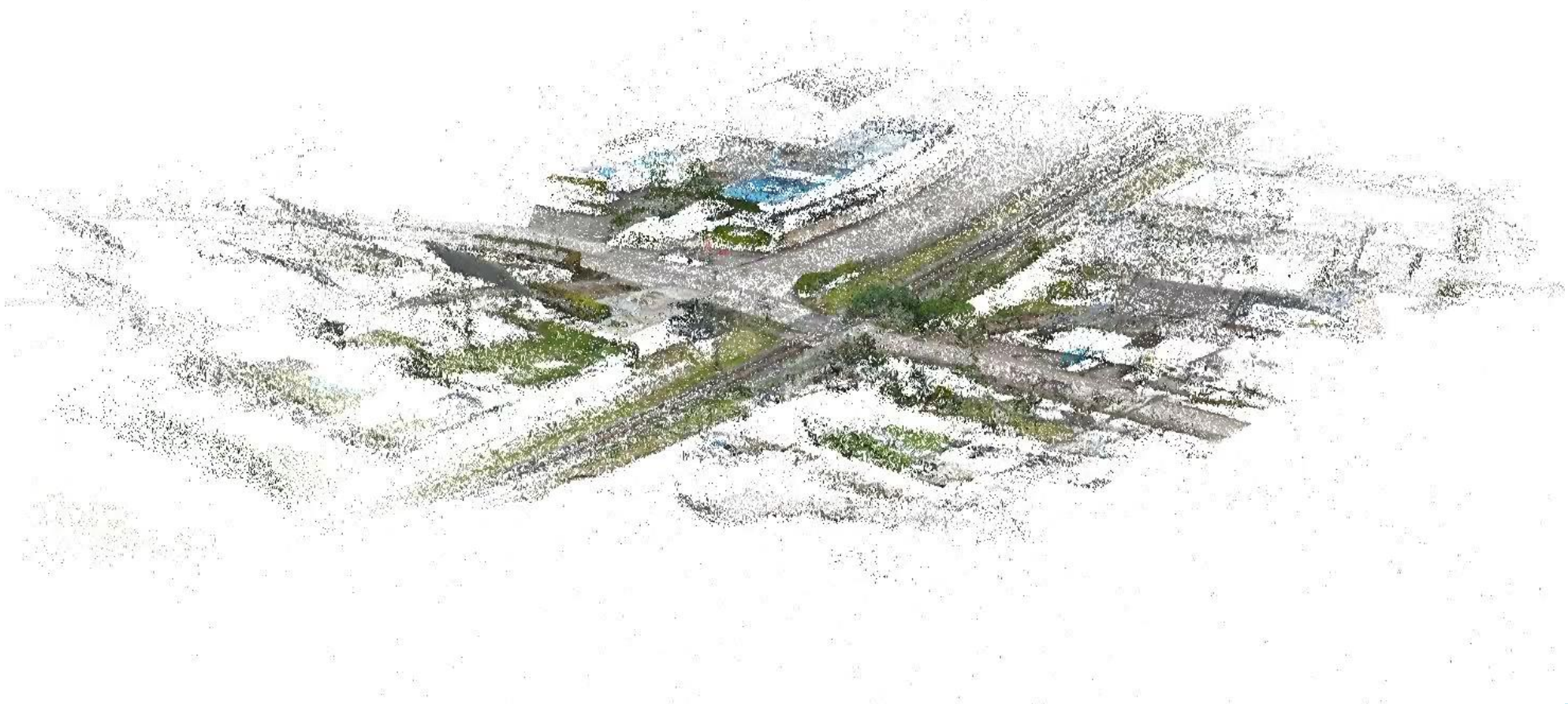


https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/aerial-triangulation

Kwaliteitsvariabelen

- Radiometrische kwaliteit
- Scherpte
- Resolutie
- Mate van overlap
- Kwaliteit van triangulatie & blokvereffening
- Kwaliteit van het beeld (camerakalibratie)

3D reconstructie



Dense matching

- Semi-global matching
- Berekend 3D coördinaten voor elke pixel
- Interpolatietechniek
- Levert puntenwolk

3D puntenwolk

- Discrete punten

Puntenwolk

Voordelen

- Eenvoudige 3D geometrie
- Geschikt voor verdere verwerking in alle software die met puntenwolken kan werken
- Basis voor meshing

Nadelen

- Niet gesloten
- Daardoor gaten bij verder inzoomen

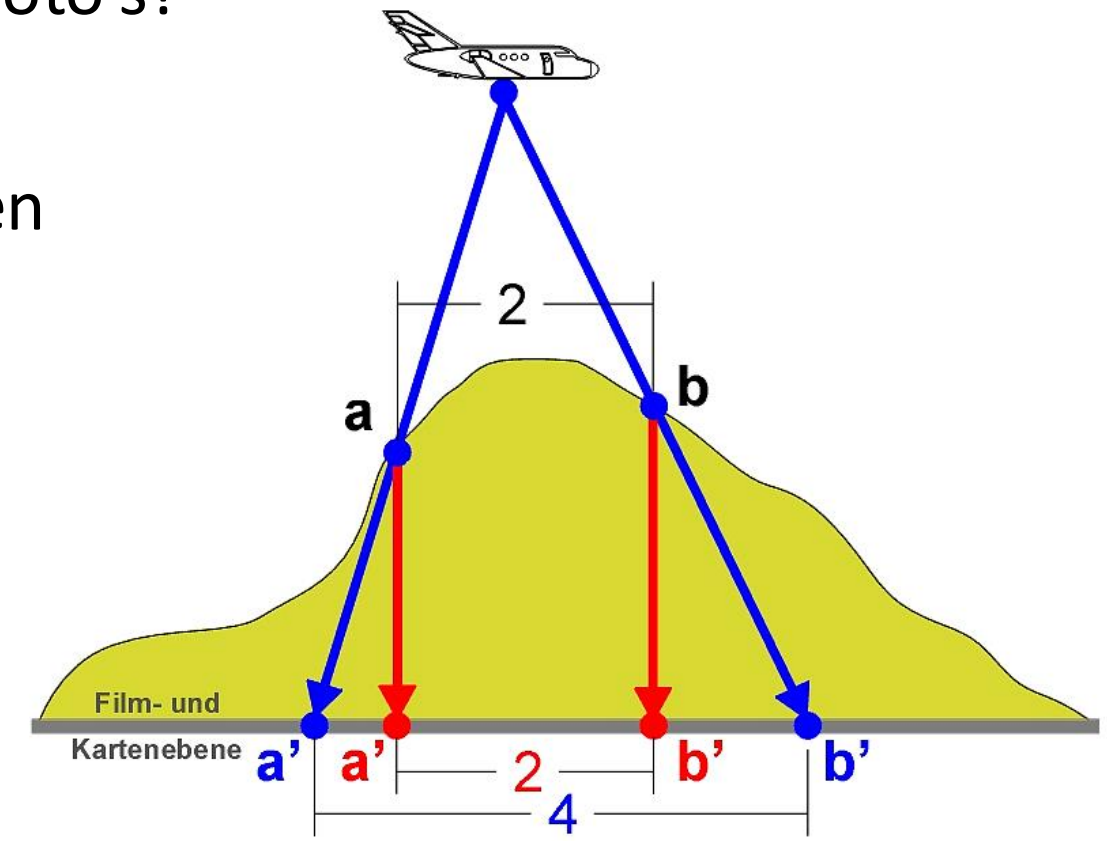
Meshing

- Driehoeksmodel
- Getextureerd voor kleur

Mesh

(True) Orthofoto

- Het belangrijkste product uit luchtfoto's?
- Vereist hoogtemodel
- Eenvoudig uit 3D mesh te genereren



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orthofotoprojektion.png

Meshing

Voordelen

- Weergave zonder gaten
- 3D geometrie, meten mogelijk
- Snelle weergave
- Standaard uitwisselformaten voor CAD, BIM, 3D game engines
- Toch al vereist voor orthofoto

Nadelen

- Berekening niet triviaal
- Afhankelijk van kwaliteit puntenwolk
- Artefacten in gebieden met lage puntdichtheid
- Bestandsgrootte

NeRF

- Neural Radiance Field
- Scene wordt door een neuraal netwerk gemodelleerd

NeRF

Voordelen

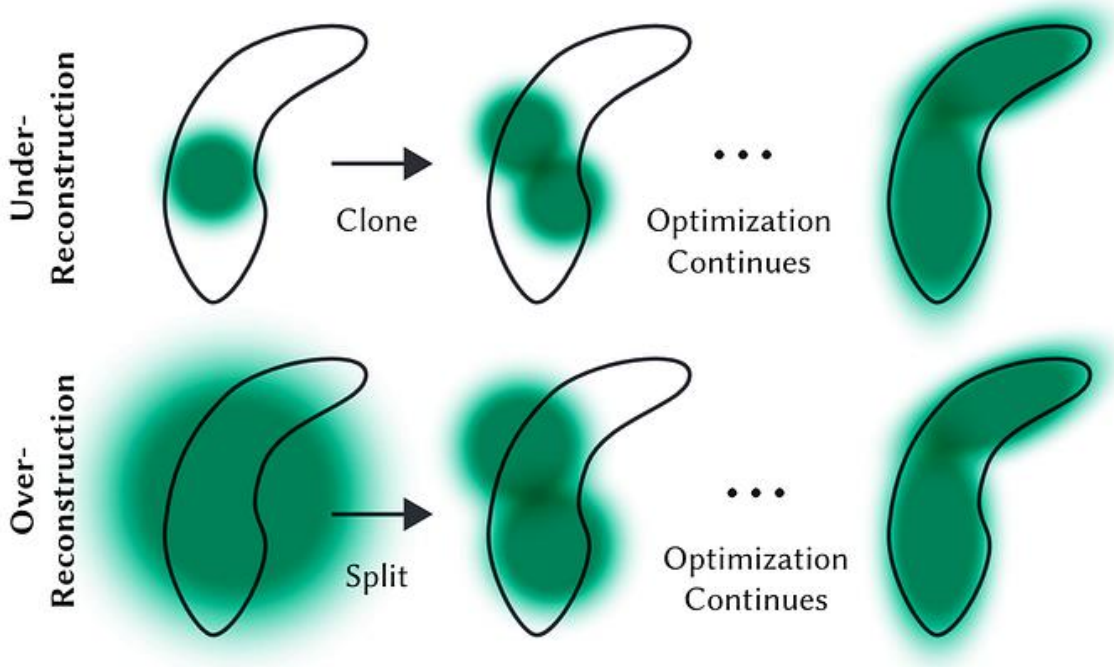
- Fotorealistische weergave
- Compact model

Nadelen

- Trage training
- Trage rendering
- Meten niet mogelijk
- Nabewerking moeilijk

Gaussian Splatting

- Benadering van 3D beeldinformatie door ellipsoïdes (Gaussians)
- Gaussians hebben meerdere parameters:
  - Positie
  - Covariantie (afmetingen en oriëntatie)
  - Transparantie
  - Kleur, afhankelijk van kijkrichting
- Iteratieve berekening



https://medium.com/data-science/a-comprehensive-overview-of-gaussian-splatting-e7d570081362

Gaussian Splatting

https://www.puppyplaats.nl/hondenrassen/golden-retriever/

https://www.amersfoortart.nl/collectie/editions-studio-art/balloon-dog-gold/

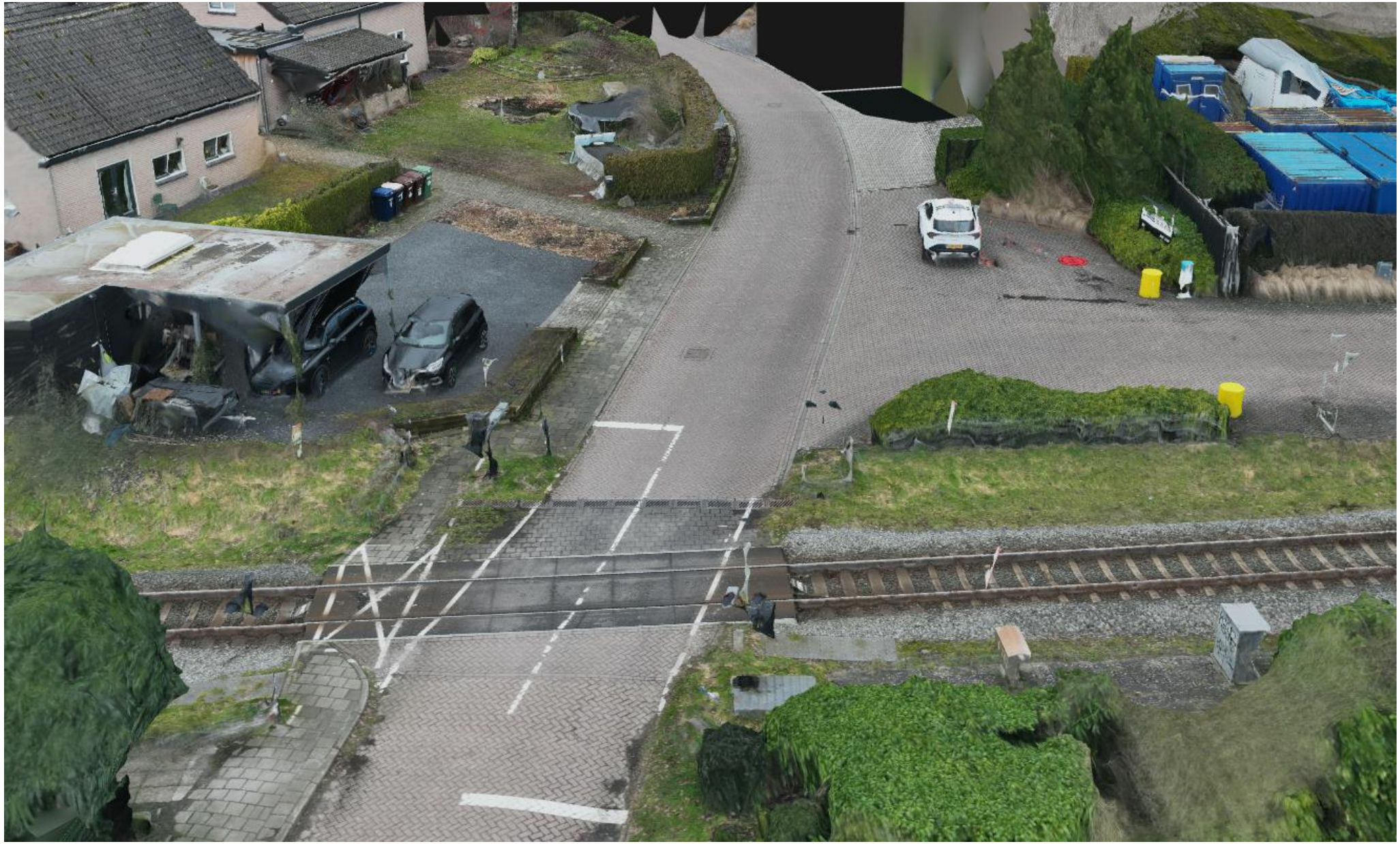
https://www.amazon.com/My-Own-Pet-Balloons-Retriever/dp/B004HIXX3C

Gaussian Splatting

- Een scene wordt dus niet door heel veel punten, maar heel veel ellipsoïdes benaderd
- Voor de weergave als beeld of video moeten deze gerenderd worden
- Gebruik van een bestaande puntenwolk voor initialisatie zinvol
- Doel is mooie weergave, niet geometrische correctheid

https://cloud.pix4d.com/dataset/2663961/model?shareToken=5e0038db-d5d8-40a8-96e3-a58d6296f764

hai performance



hai performance

Mesh

Gaussian Splatting

Voordelen

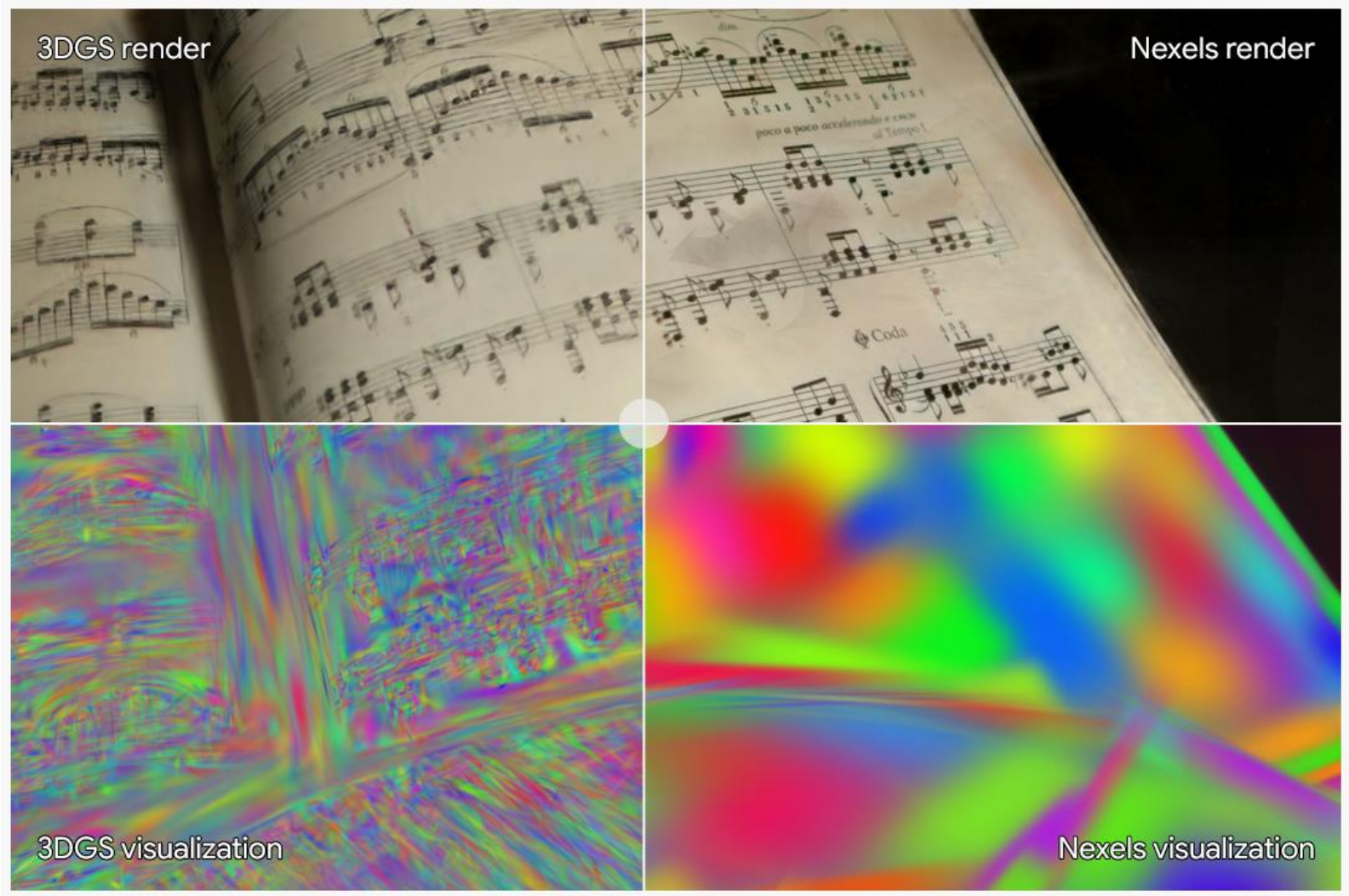
- Fotorealistische weergave
- Hoge rendersnelheid
- Kan nabewerkt worden

Nadelen

- Voor hoge resolutie veel gaussians nodig
- Artefacten
- GPU vereist voor training
- Direct meten niet mogelijk
- Voor verder gebruik vaak conversie naar puntenwolk noodzakelijk

Nexels

- Vergelijkbaar met Gaussian Splatting
- Gebruik van kleine getextureerde vlakjes



https://github.com/victor-rong/nexels

Nexels

Voordelen

- Vooral bij vlakke structuren aanzienlijk minder elementen dan bij Gaussian Splatting

Nadelen

- Nog in ontwikkeling

Conclusies

- Matching en aerotriangulatie zijn de basis, bepalen de absolute nauwkeurigheid
- Dense matching voor puntenwolk als basis voor mesh en orthofoto, maar ook initialisatie Gaussian Splatting blijft relevant
- Gaussian Splatting is vooral een visualisatietechniek

Bedankt voor uw aandacht!