



Scene acquisition using structured light and registration

Masterproef

Nick Michiels

Promotor:

Prof. dr. Philippe Bekaert

Begeleiders:

dr. Bert De Decker

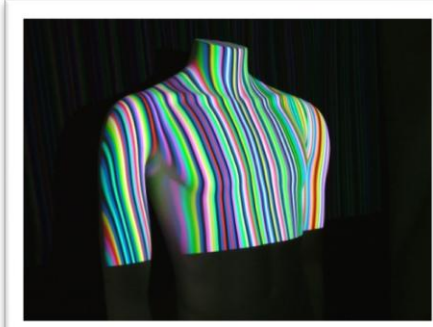
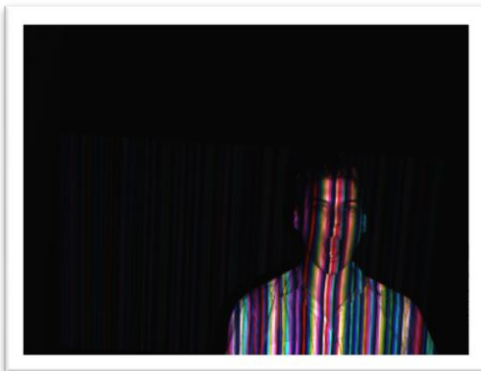
dhr. Tom Haber

Masterproef voorgedragen tot het behalen van de graad van Master in de Informatica,
afstudeerrichting Multimedia

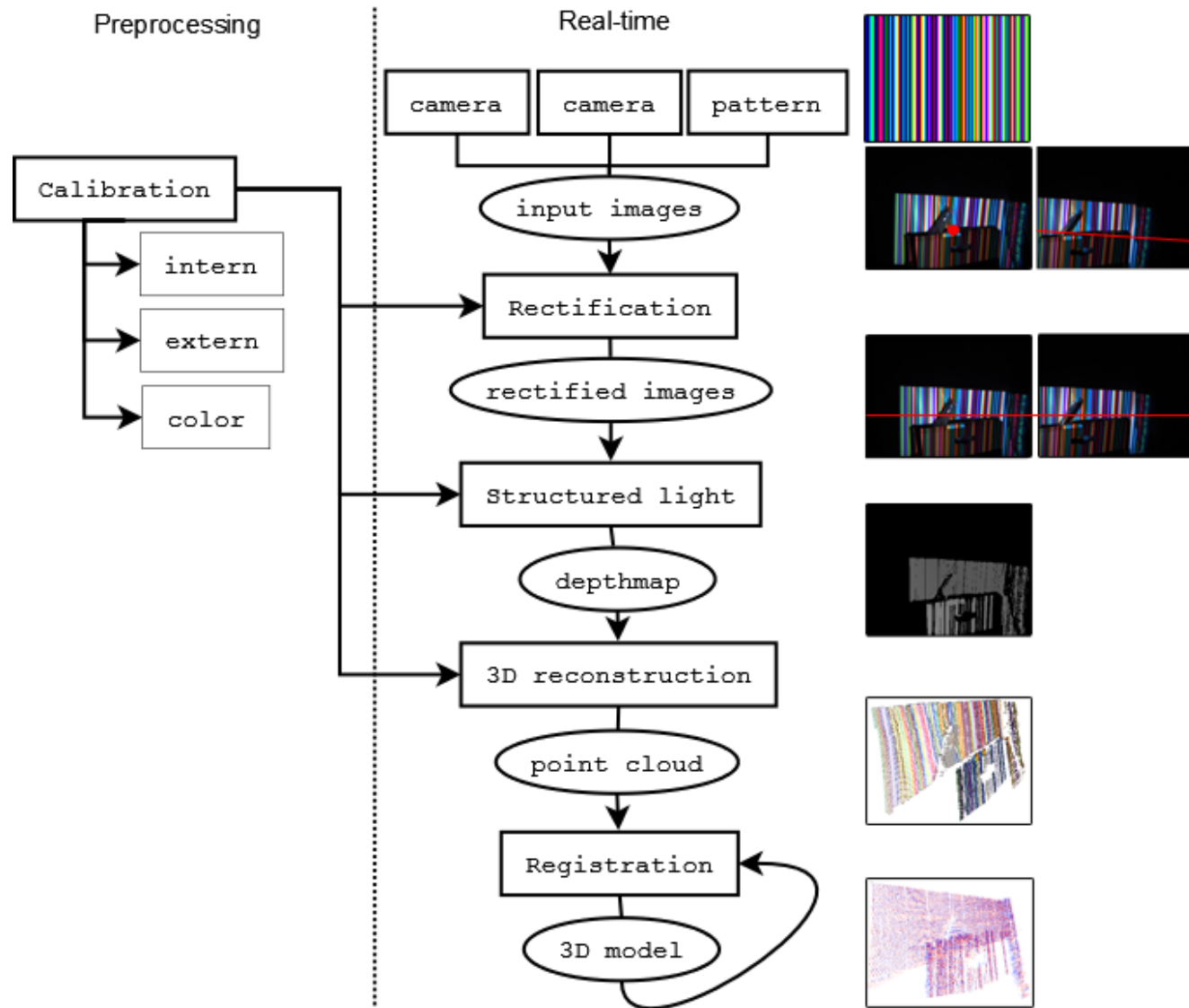
Academiejaar 2010-2011

Inleiding

- Inscannen van een scène
- Patronen projecteren
 - Geen feature detection
- Camera en projector
 - Vrij bewegen
- Frames aaneenplakken

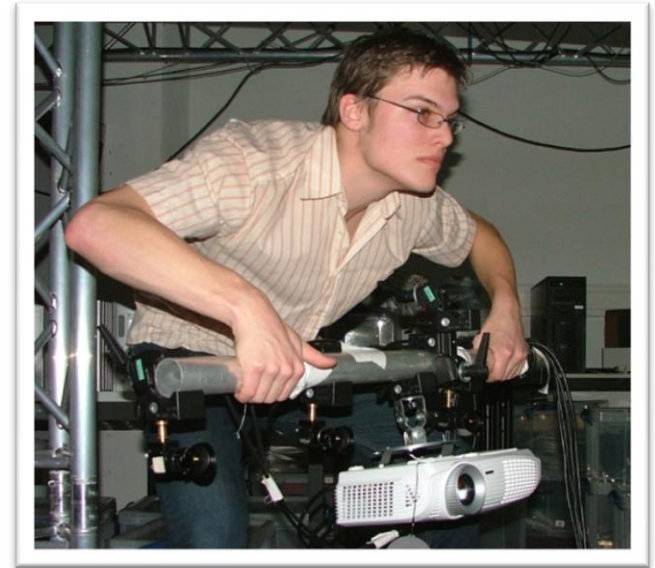
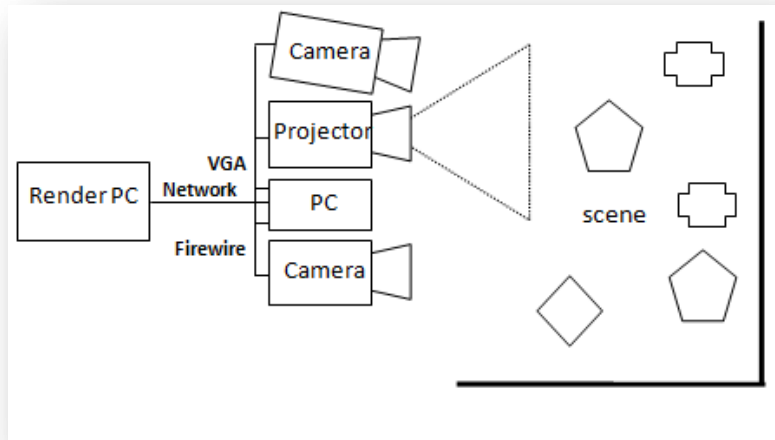


Pipeline

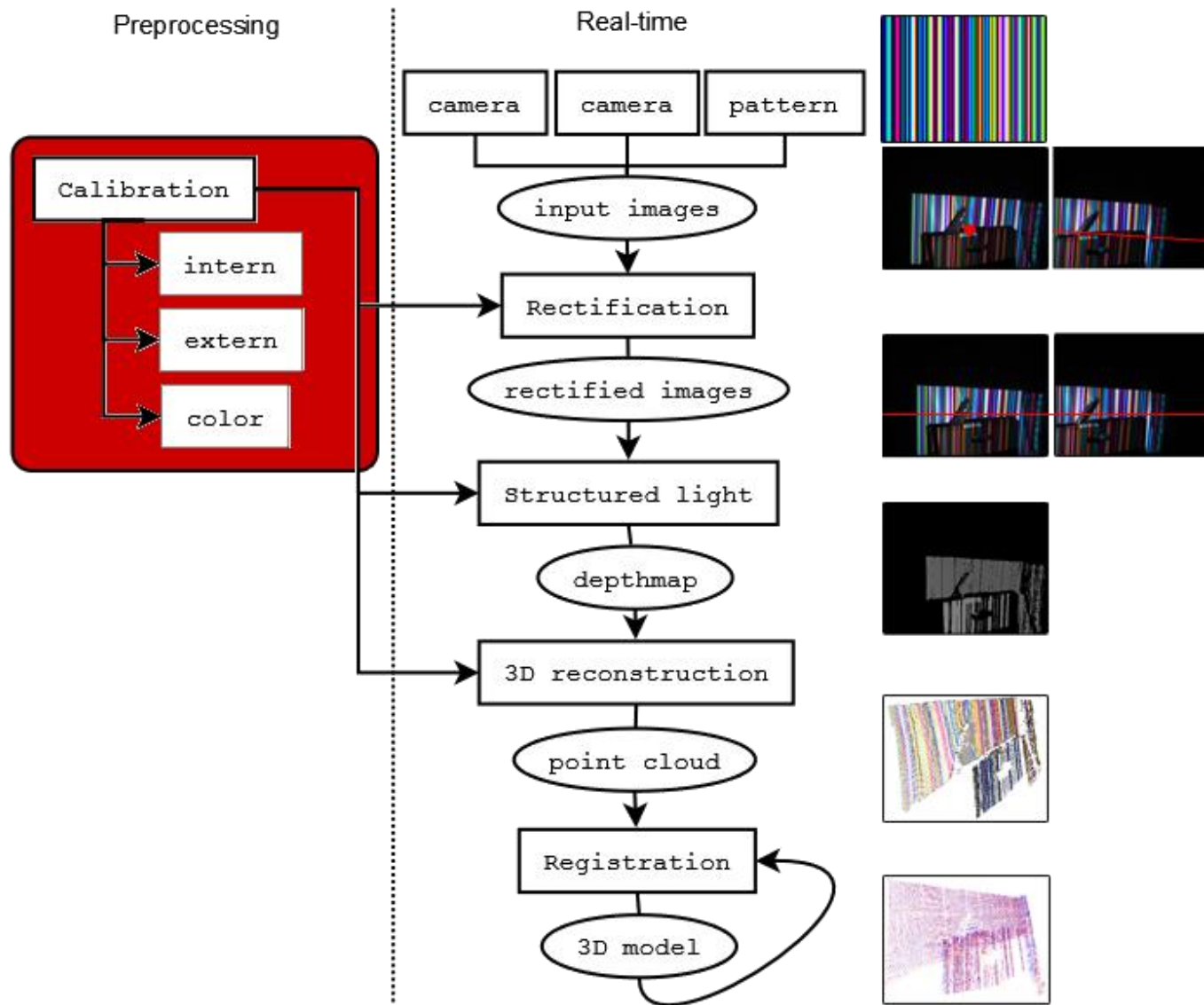


Opstelling

- 1 computer
- 1 projector
- 2 Point Grey Flea camera's

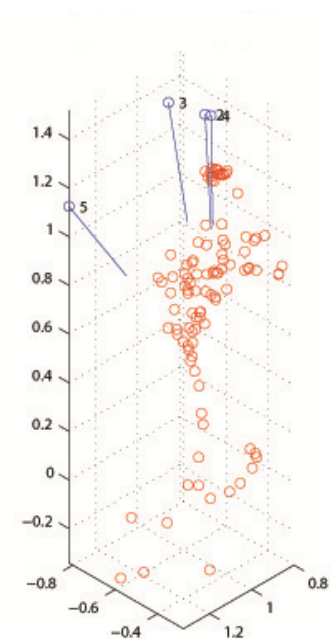
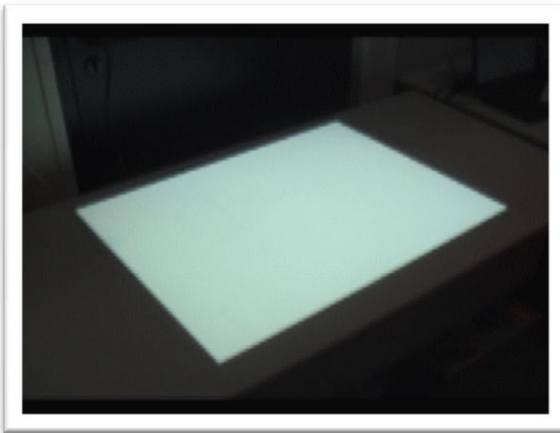
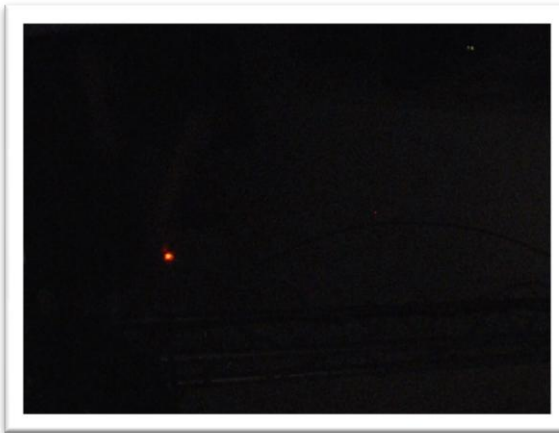


Pipeline - Calibratie

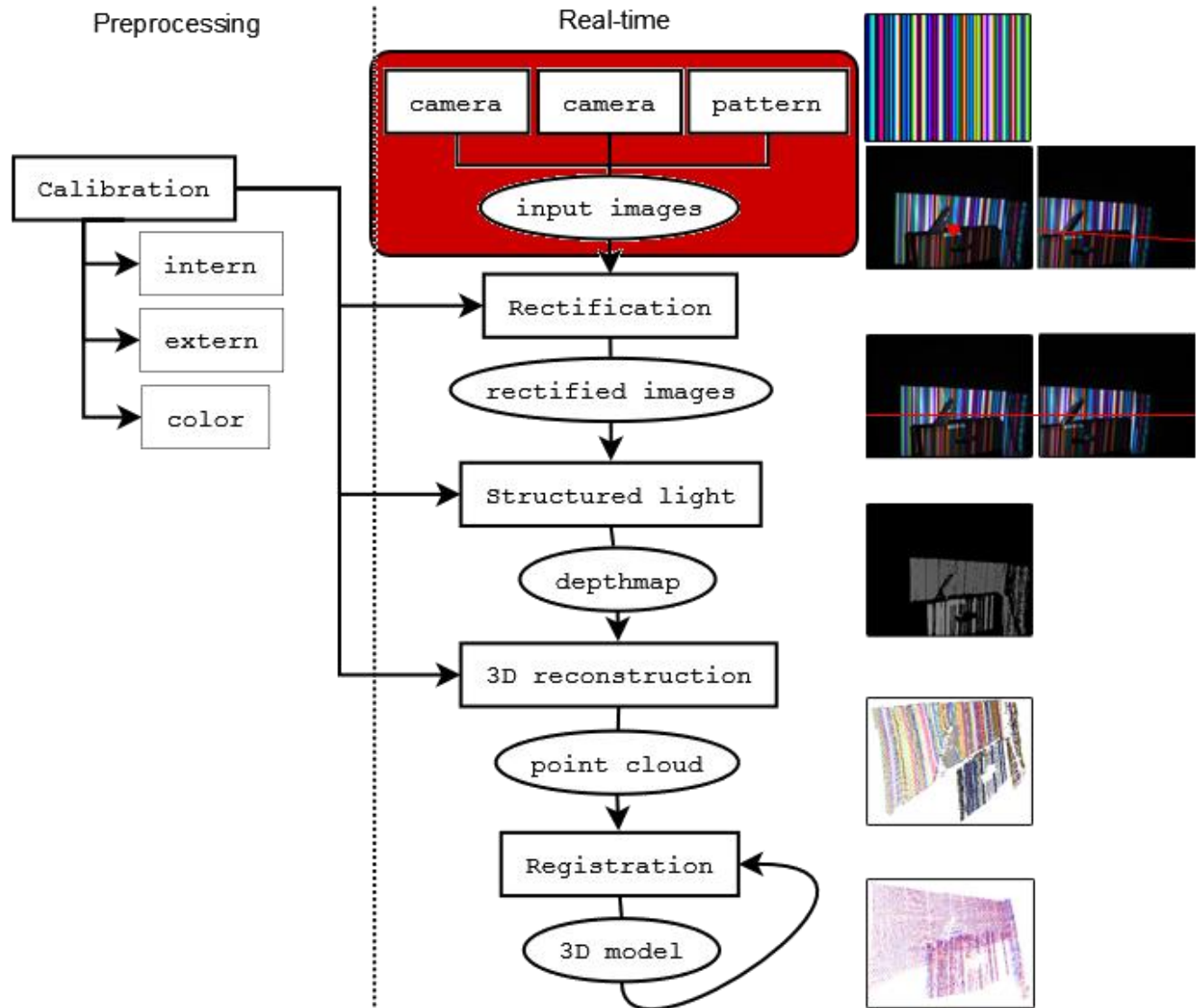


Calibratie

- Belangrijk
- # correspondenties ~ kwaliteit
 - Laser
 - Time-multiplexing (gray-codes)
- Multi-Camera Self-Calibration [Svoboda et al.]
 - Correspondenties zoeken
 - Projectiematrix (interne en externe)
 - Radiale correctie

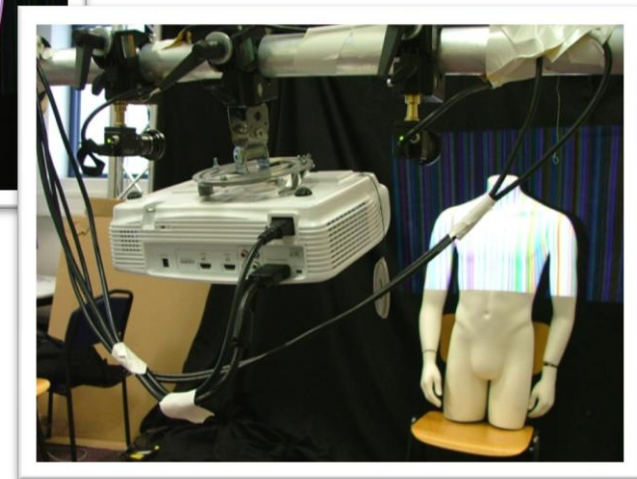
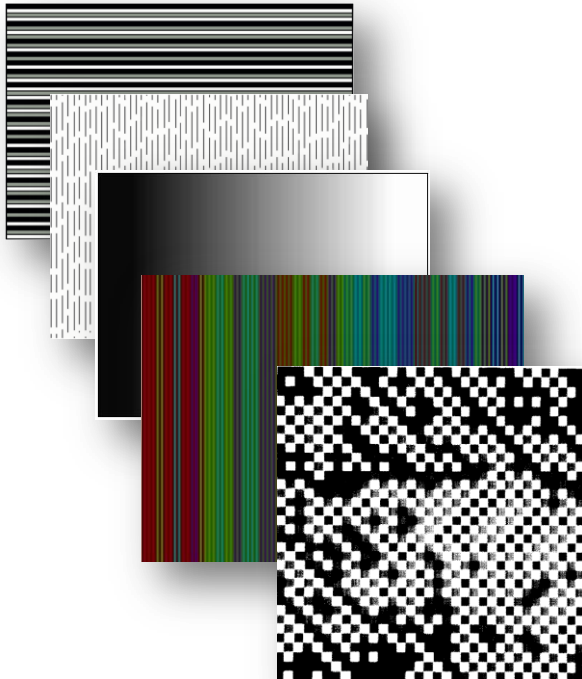


Pipeline – Textuur toevoegen



Textuur toevoegen (patronen)

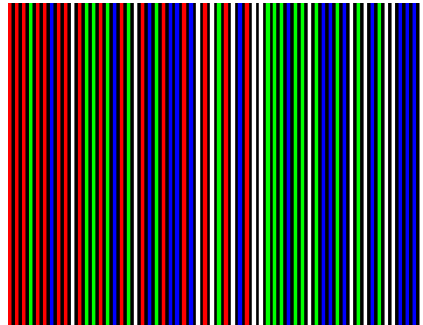
- Verschillende soorten
 - Time-multiplexed en spatial neighborhood
- De Bruijn spatial neighborhood patronen
 - Geen dubbele overeenkomsten



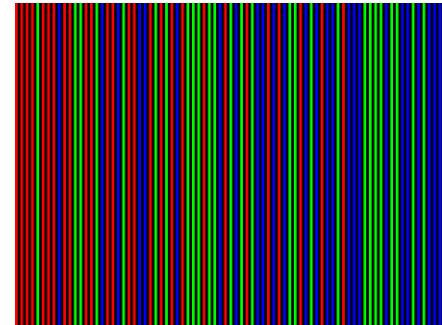
De Bruijn Patronen

- Multi-Slit / Stripe / Hybride
- Variaties in
 - Orde: verschillende kleuren gebruikt
 - Window: de grootte van een code (opeenvolgende kleuren)

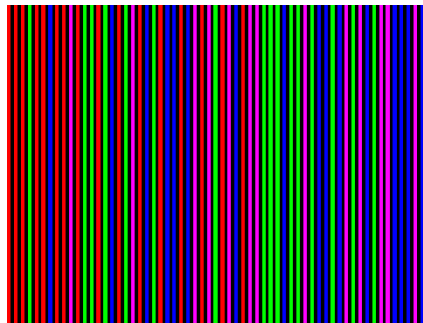
Multi-slit patronen



Orde: 4, window: 3



Orde: 4, window: 3



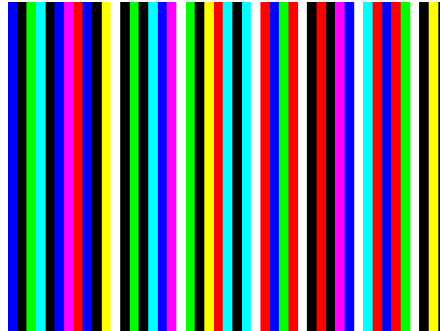
Orde: 3, window: 4



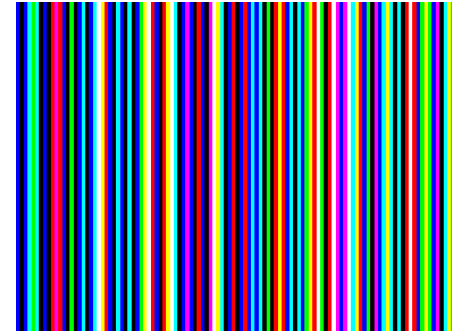
Orde: 4, window: 4

De Bruijn Patronen

**Stripe
patronen**

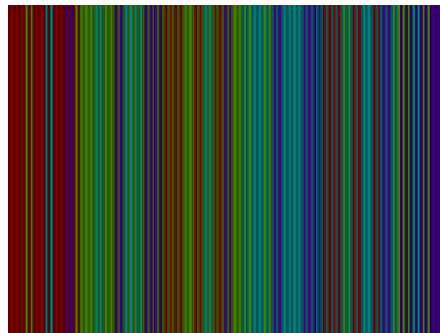


Orde: 4, window: 3



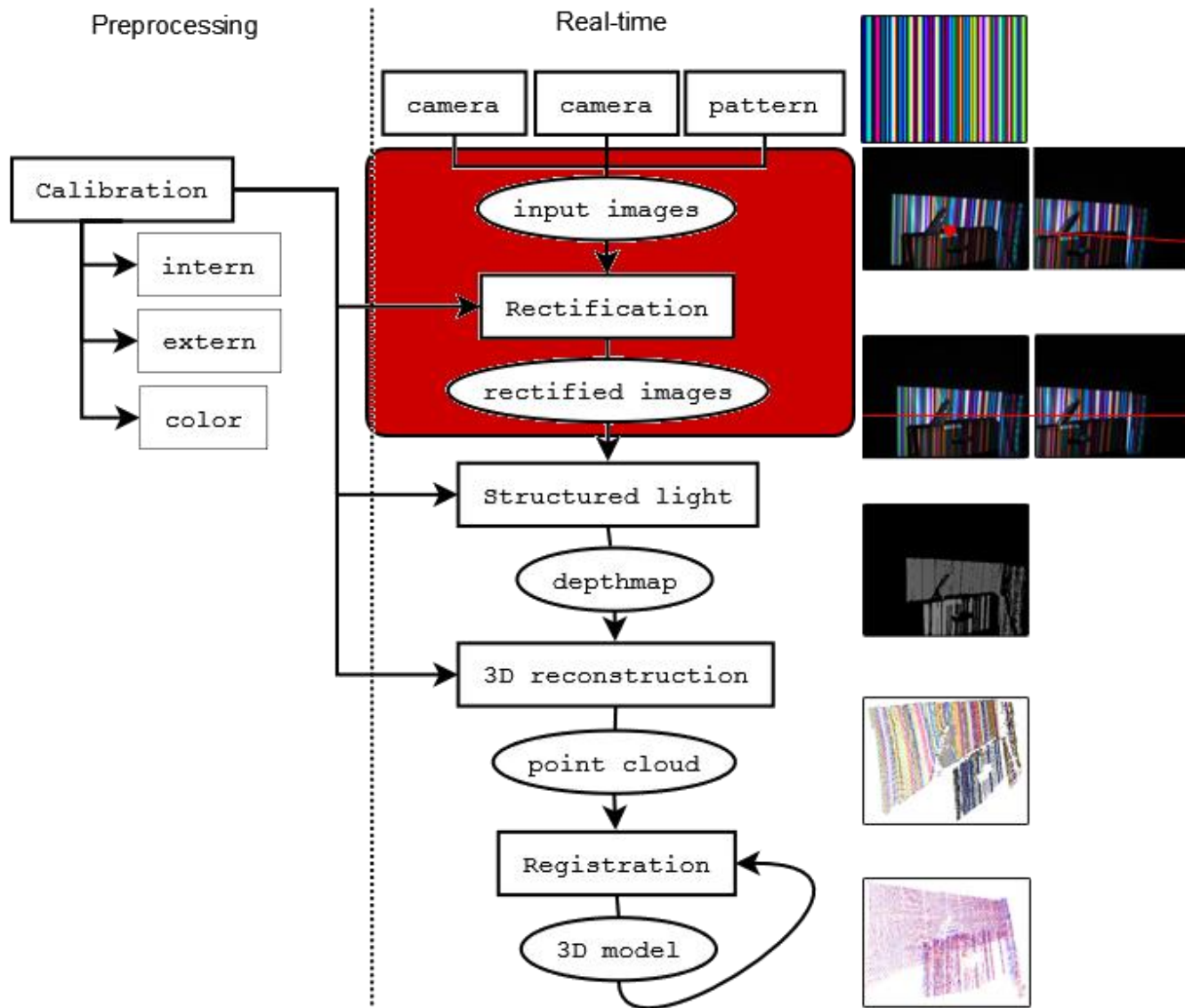
Orde: 4, window: 3

**Hybride
patronen**



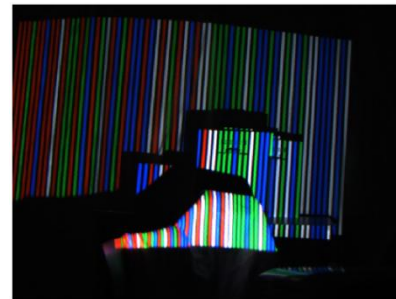
- Zichtbaarheid
- De Bruijn sequenties noodzakelijk?
- Kiezen in functie van het algoritme

Pipeline – Rectification

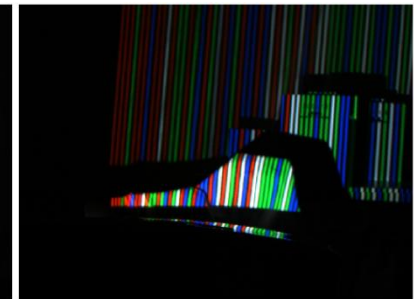


Rectification

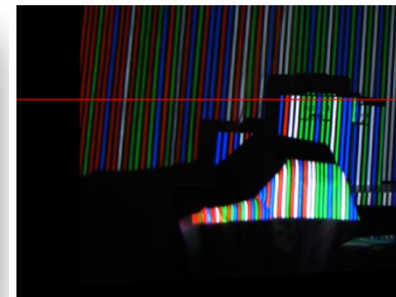
- Punt in 1 camera mapt op epipolaire lijn in andere
 - Zoekruimte 2D
- Beter: beelden rectificeren
 - Epipolaire lijnen parallel
 - Zoekruimte 1D
- Puntgebaseerd
 - OpenCV
 - Matlab Rectification Kit



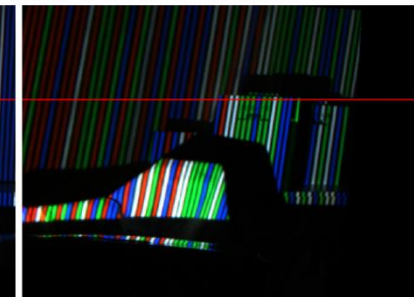
(a) Input rechts



(b) Input links

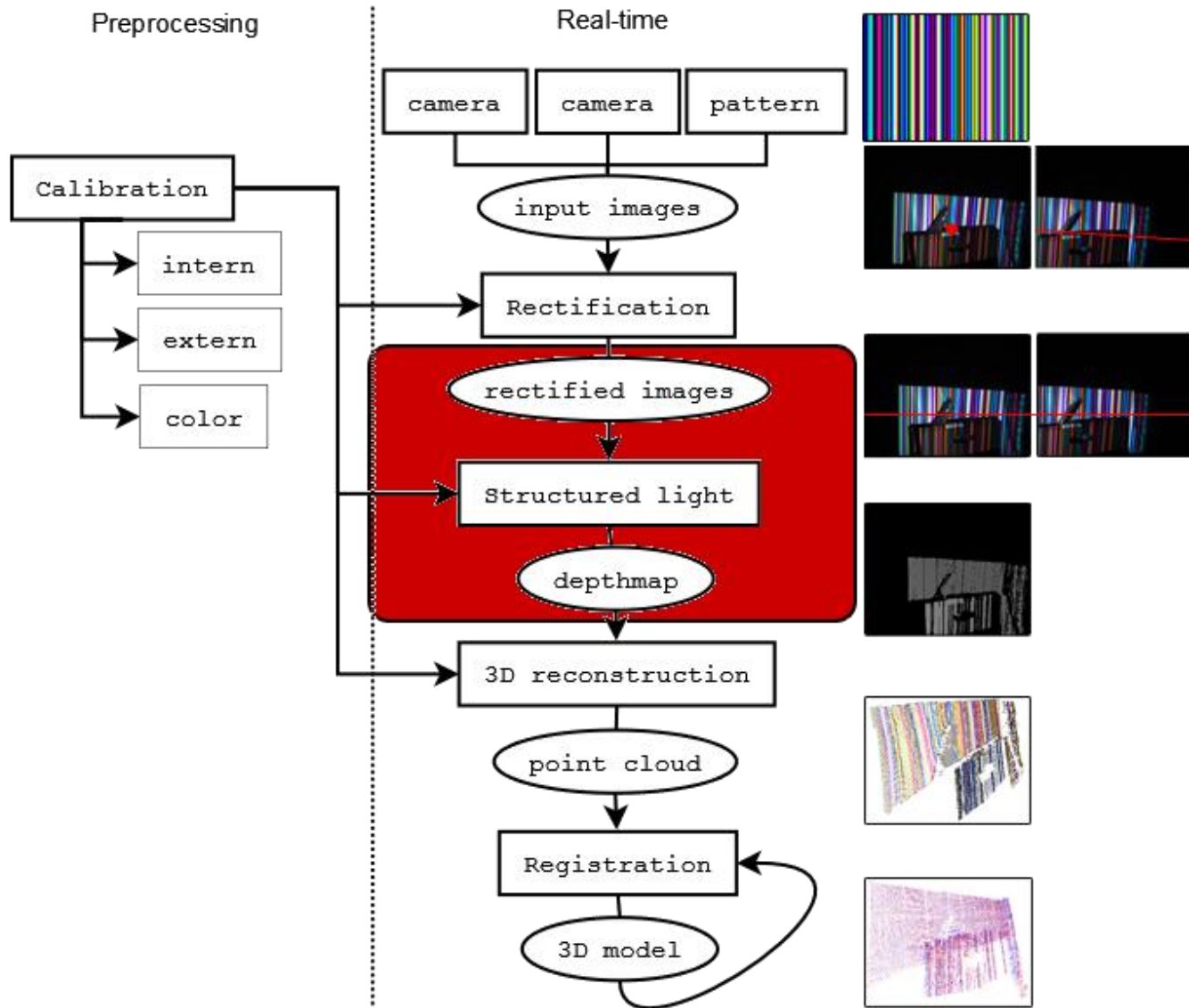


(c) Gerectificeerd rechts



(d) Gerectificeerd links

Pipeline – Correspondencies

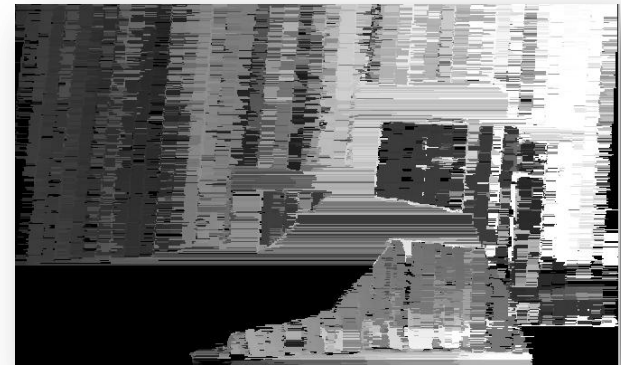
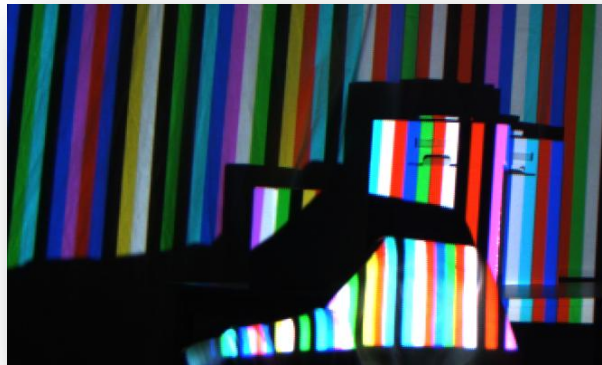


Correspondenties zoeken

- Scanlines op elkaar mappen (na rectification)
- Eerste methode (naïef)
 - De Bruijn kleurencodes zoeken in de twee scanlines



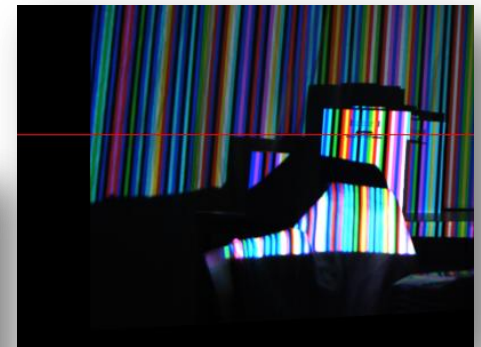
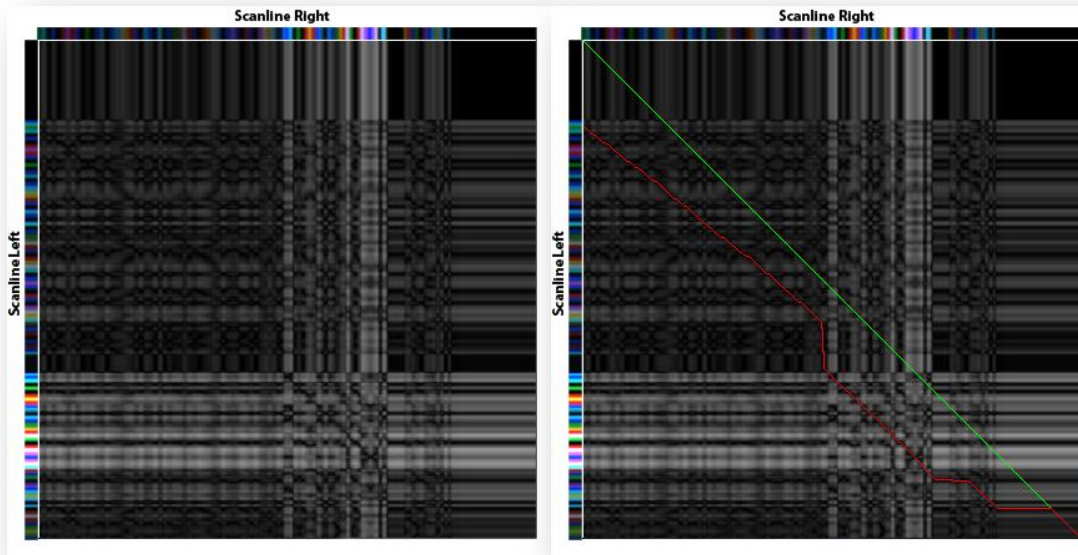
- Slechte kwaliteit, veel ruis



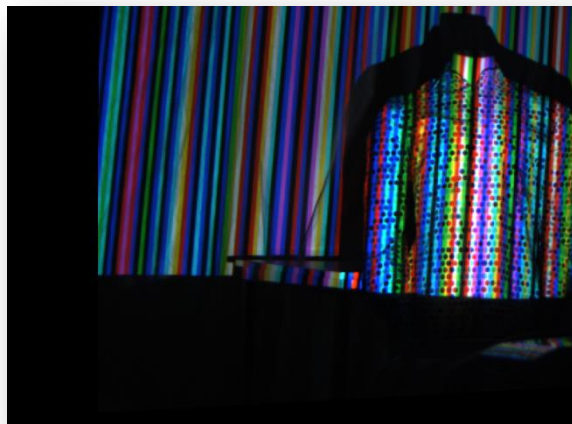
- Beter: global optimization techniek
 - Dynamic programming

Dynamic Programming

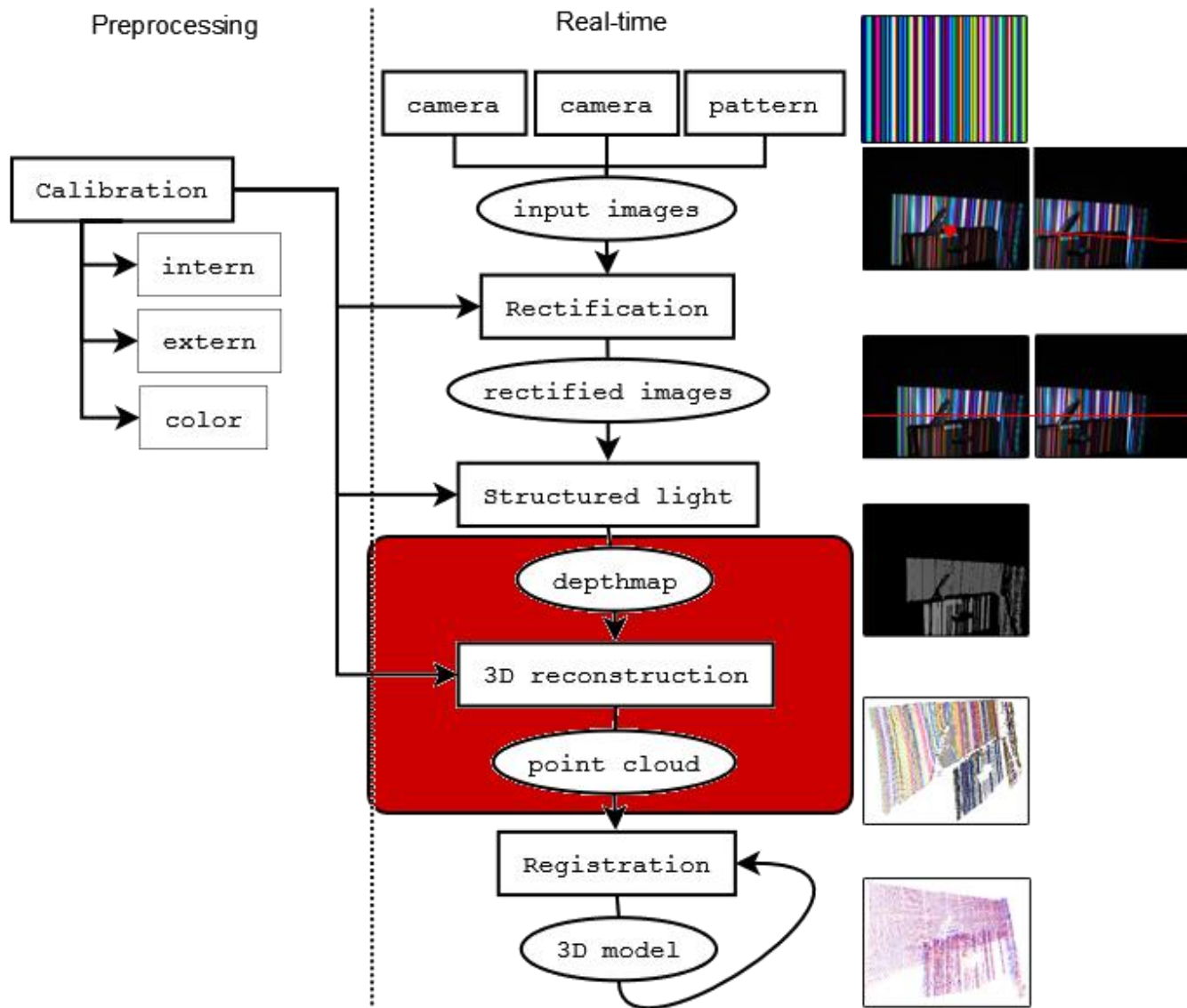
- Global optimization
 - Twee scanlines met een zo laag mogelijke cost matchen
- Eén-aan-één pixel kosten
 - RMS distance: $score(q, e) = \sqrt{(q.red - e.red)^2 + (q.green - e.green)^2 + (q.blue - e.blue)^2}$
 - Scoring matrix
- Kostmatrix
 - Pad met laagste kost (back-tracking)



Dynamic Programming

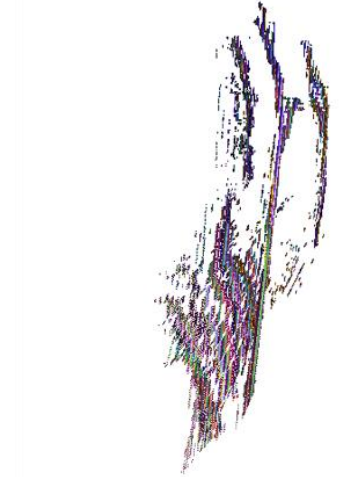
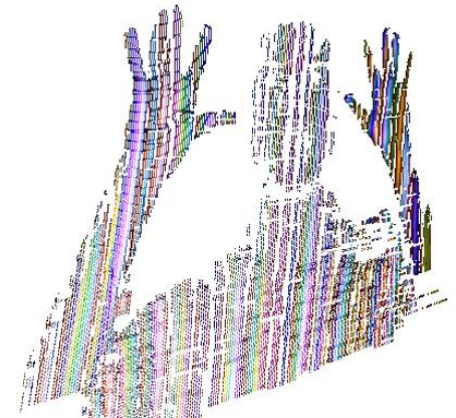
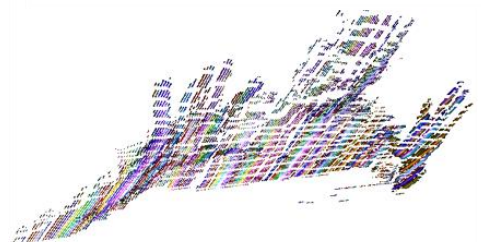


Pipeline – 3D reconstruction



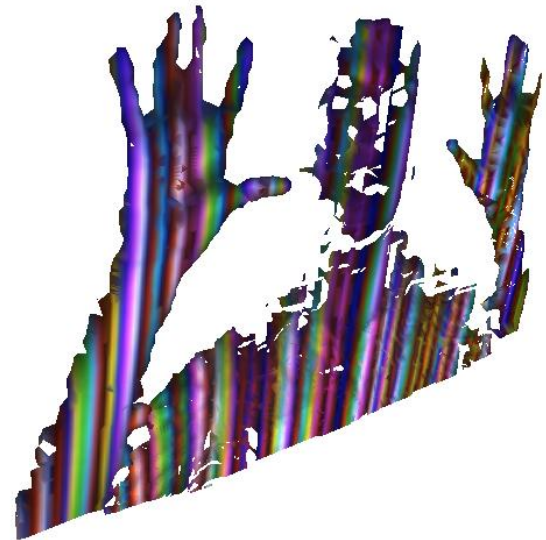
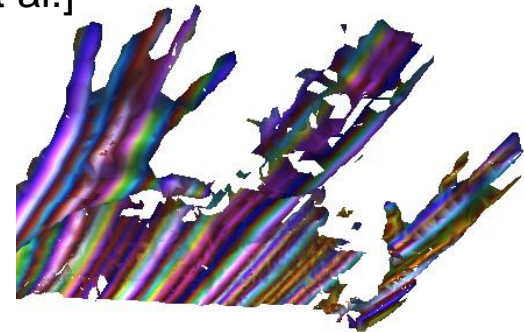
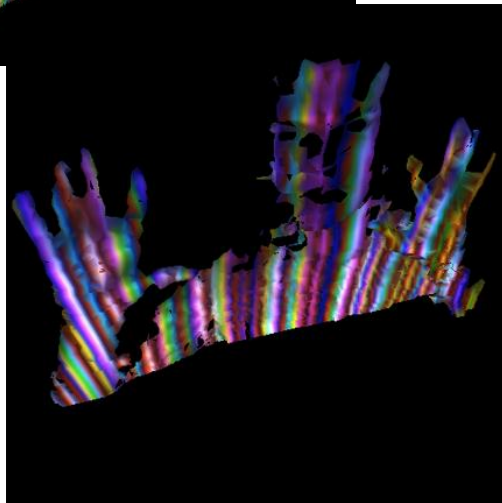
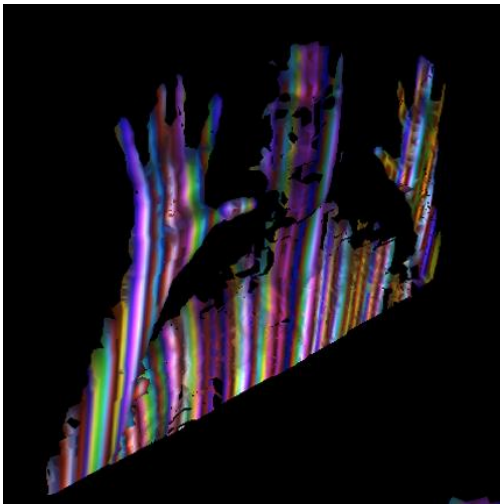
3D Reconstructie

- Dispariteiten omzetten naar 3D wereldcoördinaten
- = Triangularisatie
- Backprojectie 2D punten
- Snijpunt zoeken tussen de twee lijnen
- Beste oplossing (SVD)



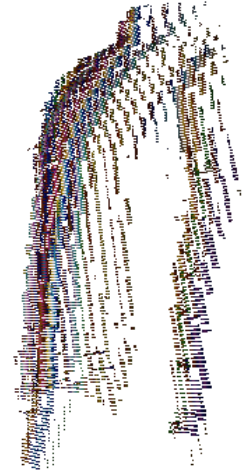
3D Reconstructie

- Surface reconstruction
 - Ball pivoting algoritme in MeshLab [Bernardini et al.]

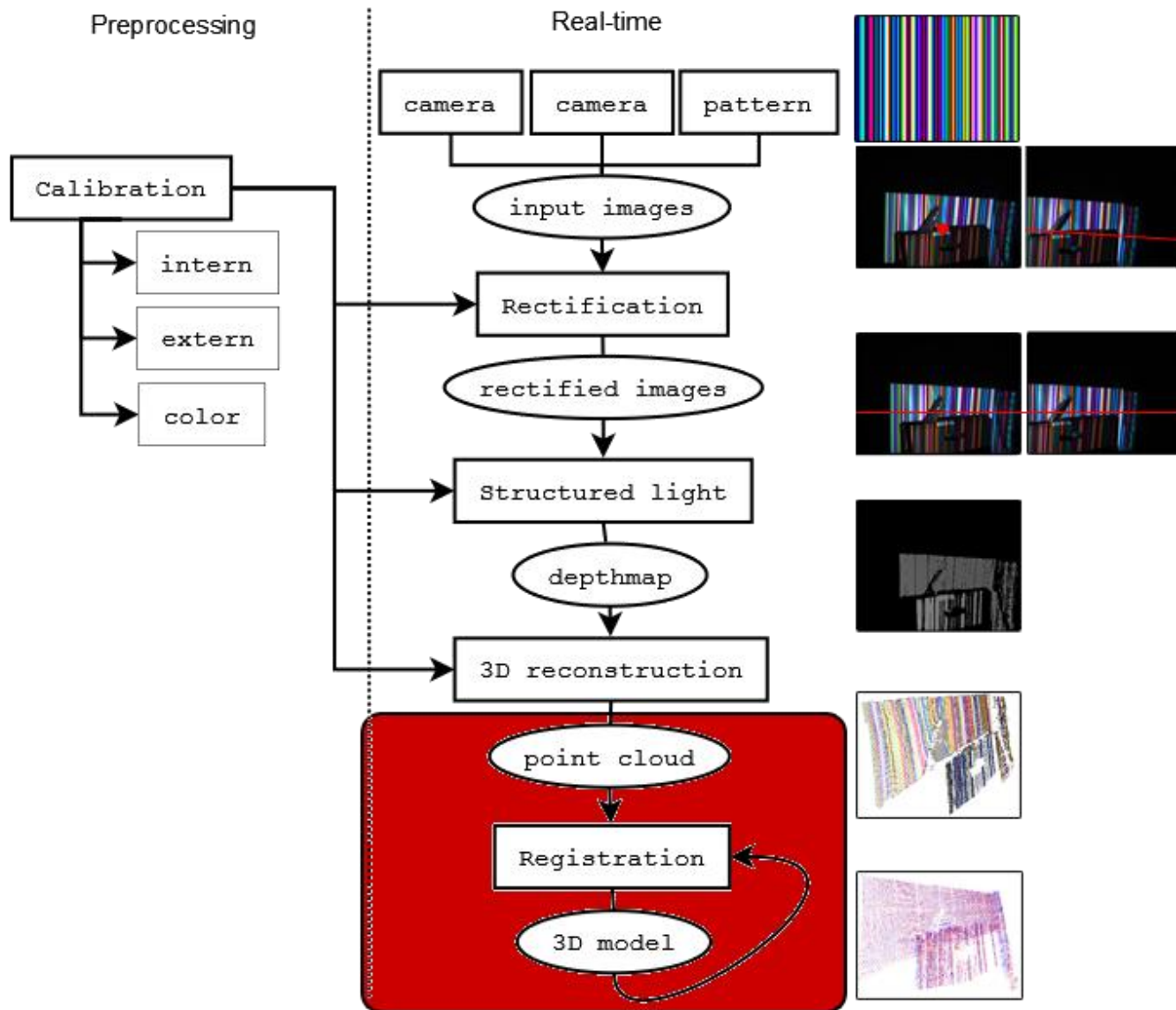


3D Reconstructie

- Paspop

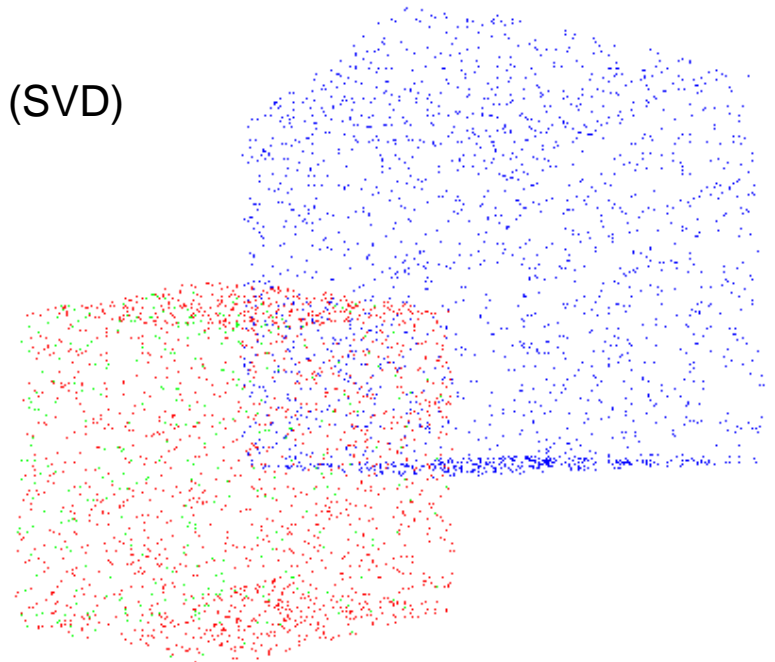
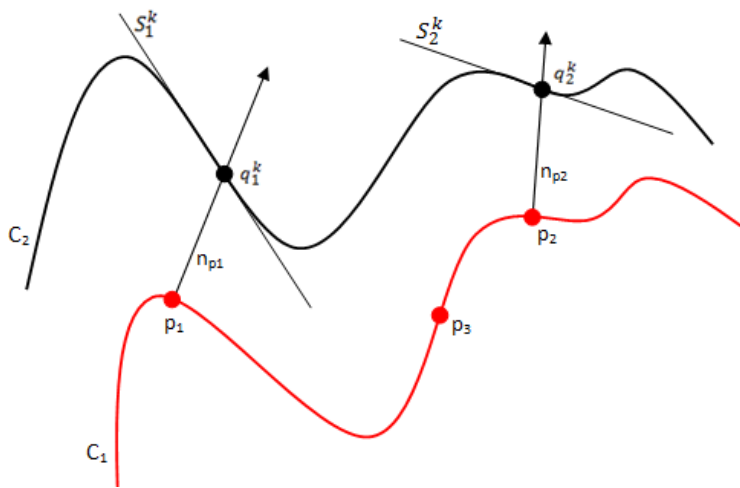


Pipeline – Registratie



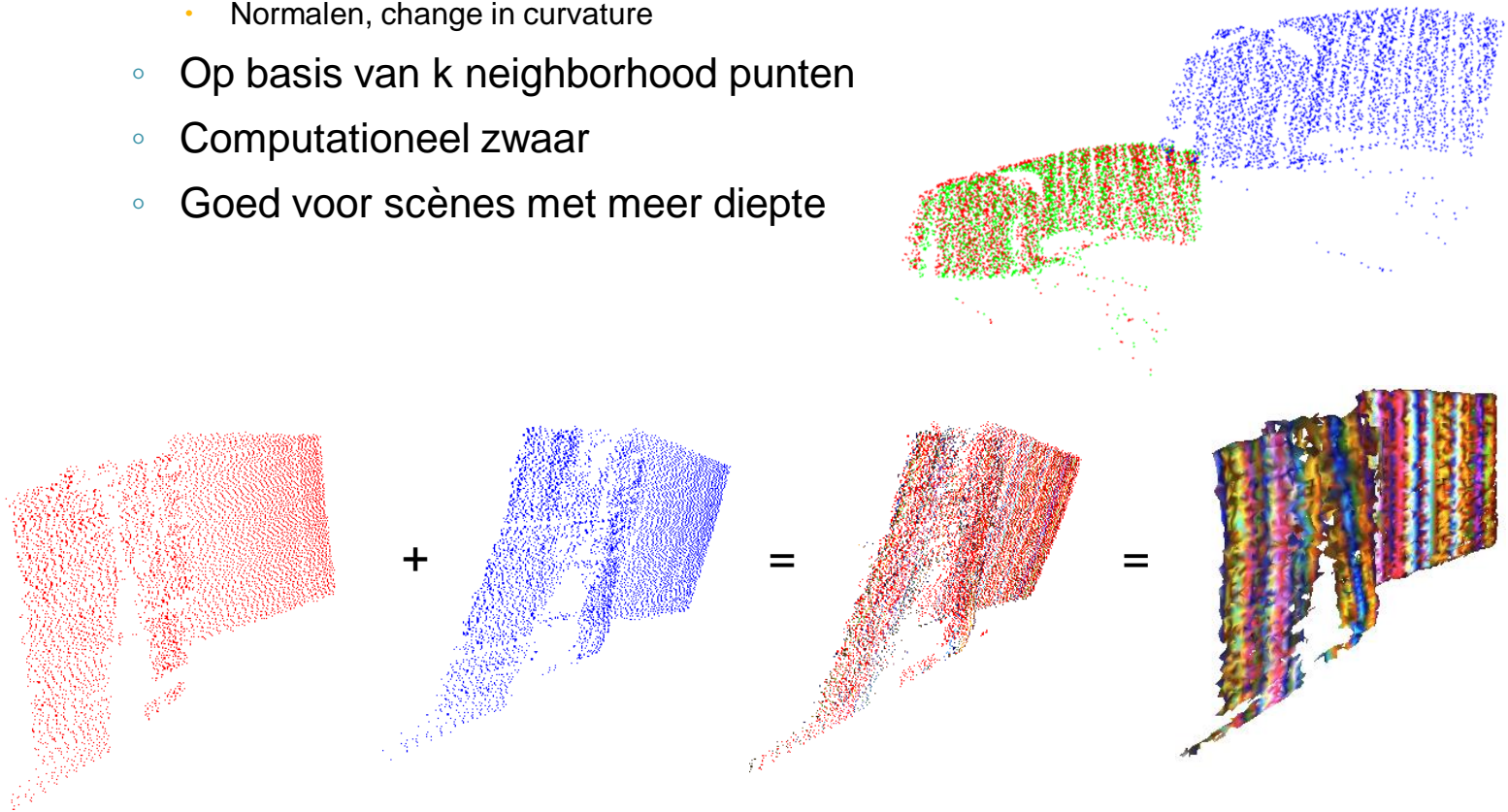
Registratie

- Automatische alignatie van een data puntenwolk in een model puntenwolk
- Populairste: Iterative Closest Point (ICP)
- Resultaat: bekomen van een volledige puntenwolk
- Standaard algoritme
 - Iteratief punten selecteren op basis van kortste punten
 - Beste transformatie zoeken
 - Singular Value Decomposition (SVD)



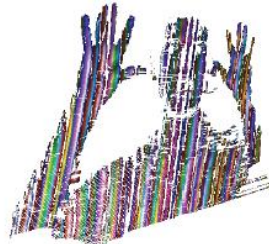
Registratie

- Gebruik extra geometrie [Bae en Lichti]
 - Correspondentieparen zoeken op basis van extra geometrie
 - Normalen, change in curvature
 - Op basis van k neighborhood punten
 - Computationeel zwaar
 - Goed voor scènes met meer diepte

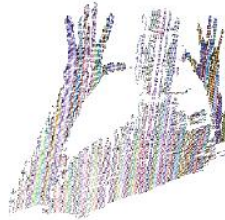


Resultaten

- 3D reconstructie
 - Background substruction
 - Dense dieptemap
 - Optimalisatie: downsampling (1/10)
 - Verbetering: second pass dynamic programming [Zhang et al.]



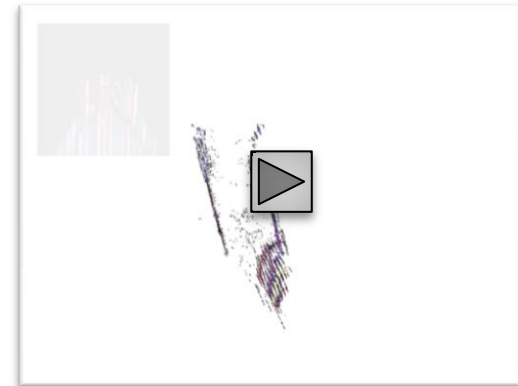
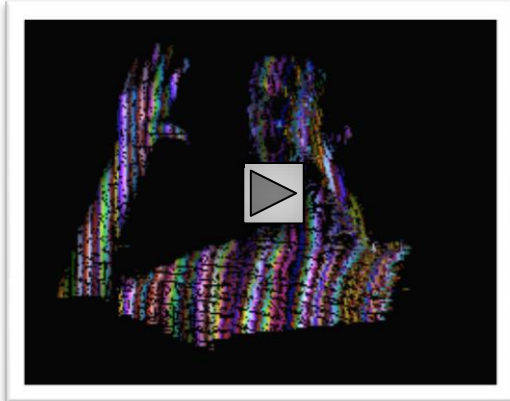
(a) 3D reconstructie zonder downsampling



(b) 3D reconstructie met downsampling

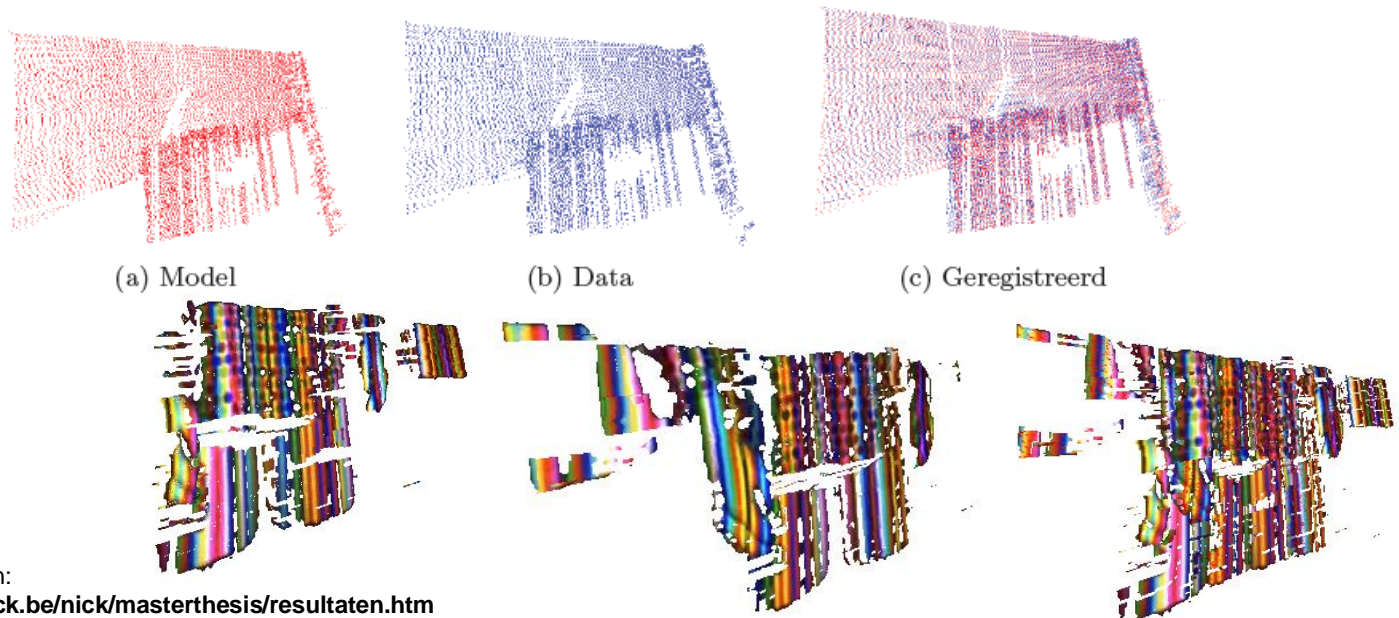


(c) 3D reconstructie met downsampling en upsampling



Resultaten

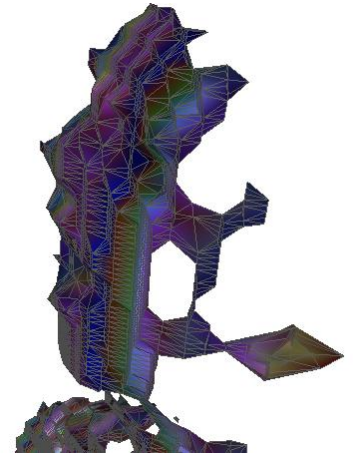
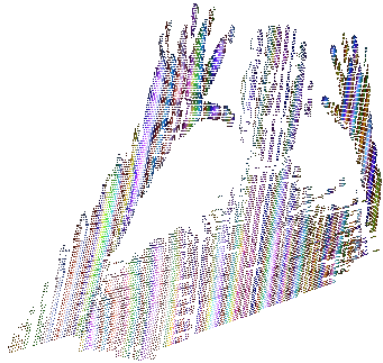
- Registratie
 - Puntenwolken best zo veel mogelijk overlappen
 - Robuuster met extra geometrie
 - Meerdere lokale minima
 - Translatie is het grootste probleem
 - Beste oplossing: gebruik maken van extra features
 - Traag (zeker extra geometrie)



Conclusie

- Dense dieptemappen
 - Door toevoeging extra textuur
 - Global optimization techniek
 - Weinig ruis
- Post processing technieken (surface reconstruction)
- Heel aantal variaties op ICP onderzocht
- Kwaliteit registratie afhankelijk van de scène
 - Genoeg diepte
 - Uitbreiding: feature detection

Vragen?



“What you see is what you get in 3D!”

