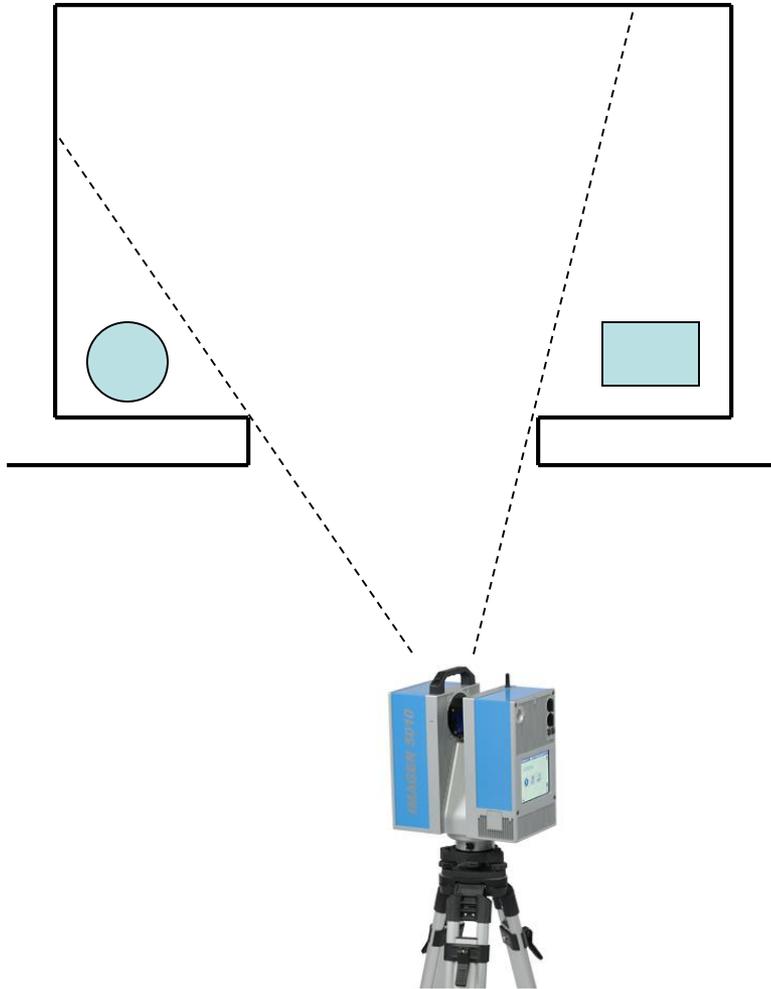


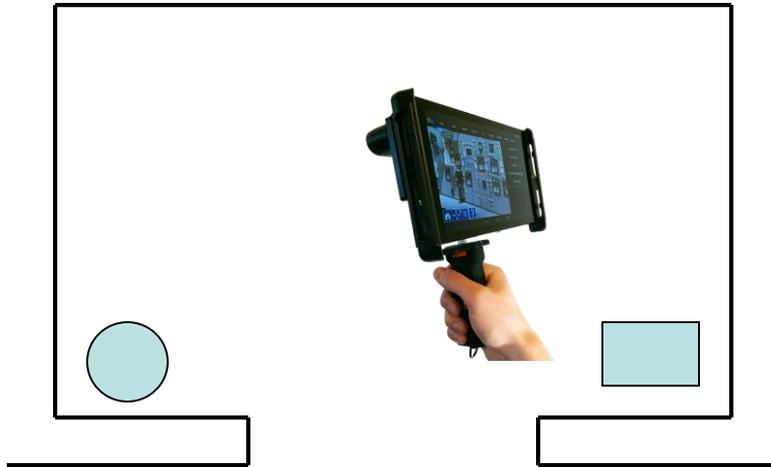
# Gemeinsame Registrierung von Panorama- und Handscannerdaten

Priv.-Doz. Dr.-Ing. Frank Gielsdorf  
technet GmbH



Hinterschneidungen  
Viele Standpunkte  
Großer Registrierungsaufwand





Keine Hinterschneidungen



# Vergleich



## Panoramascanner

## Handheldscanner

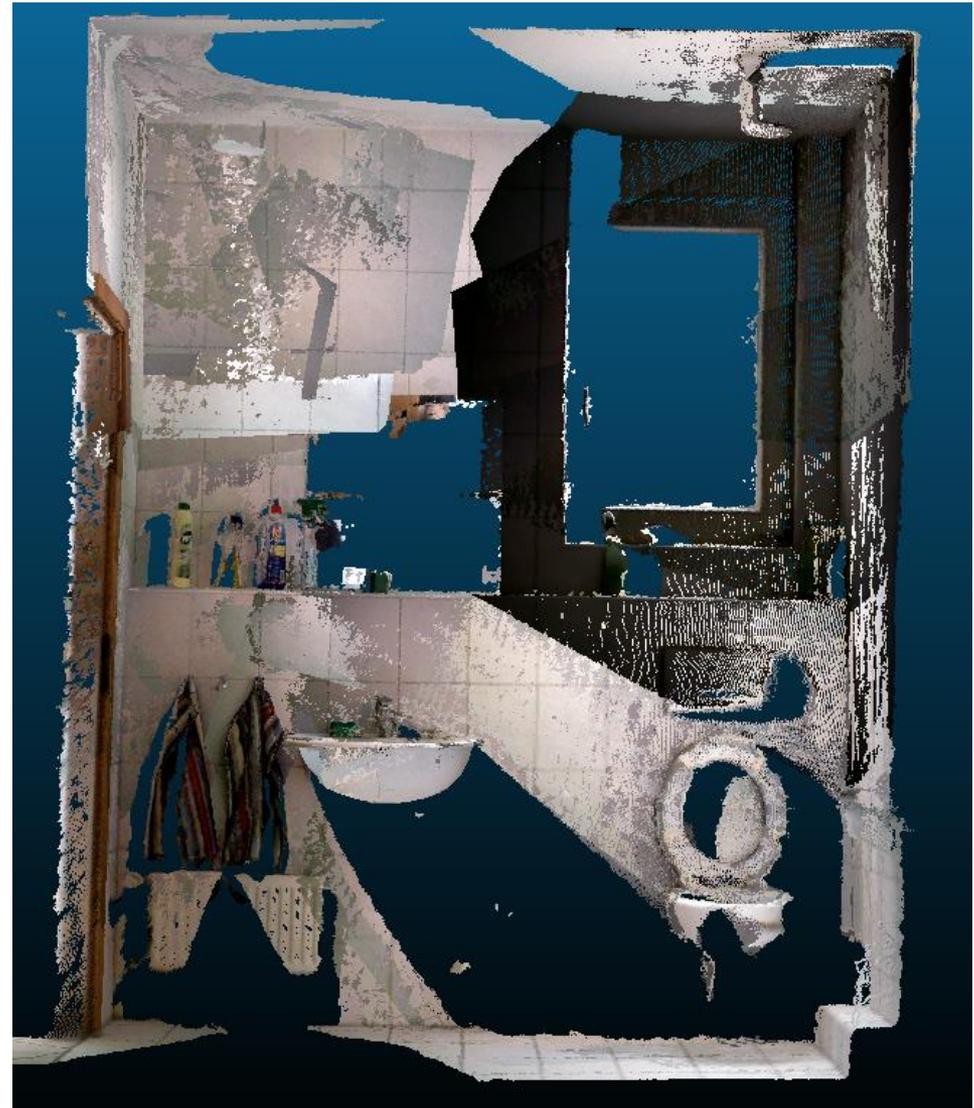
Messprinzip	tachymetrisch	photogrammetrisch
Reichweite	100m	3m
Innere Genauigkeit	$\pm 3\text{mm} \dots \pm 5\text{mm}$	$\pm 1\text{mm} \dots \pm 50\text{mm}$
Stativ	ja	nein
Hinterschneidungen	ja	nein

# Testbeispiel

Z+F Imager 5006



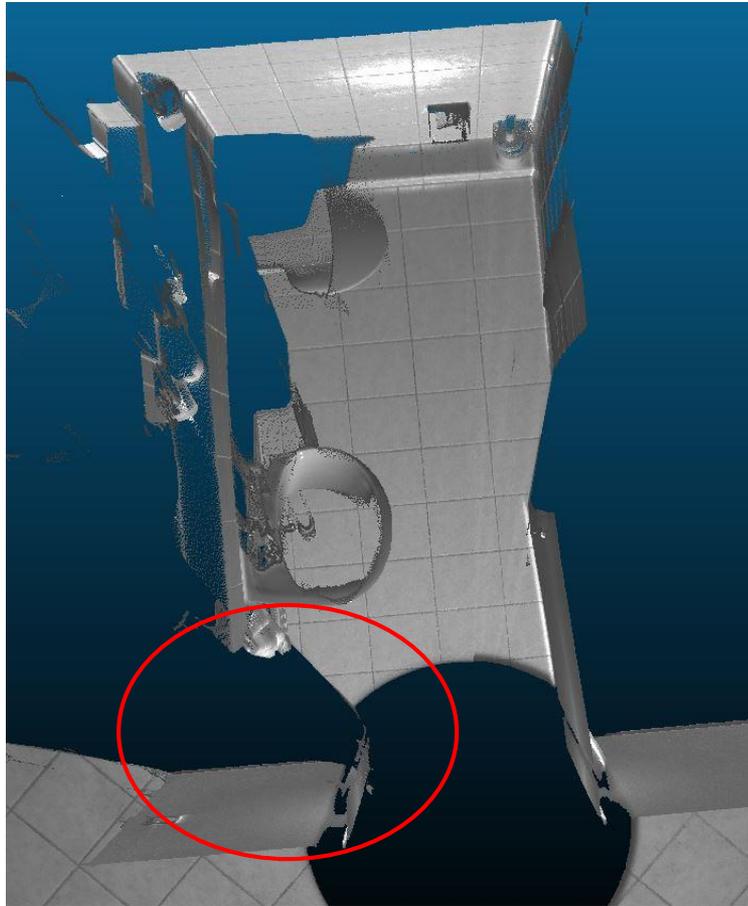
WC:  
58 Frames



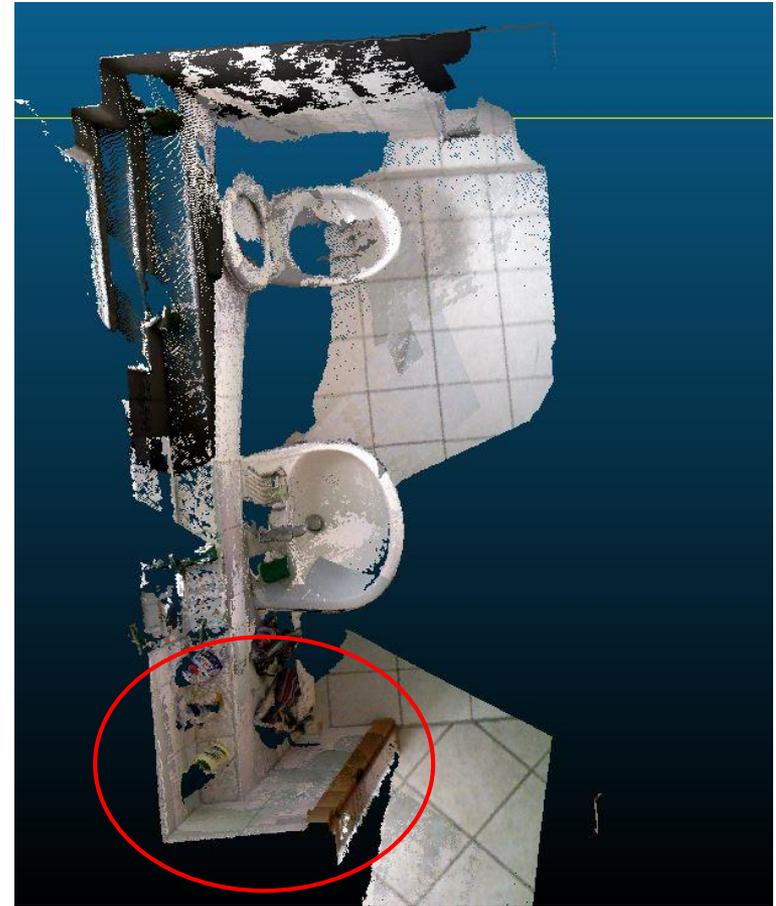
Dot Product DPI-8



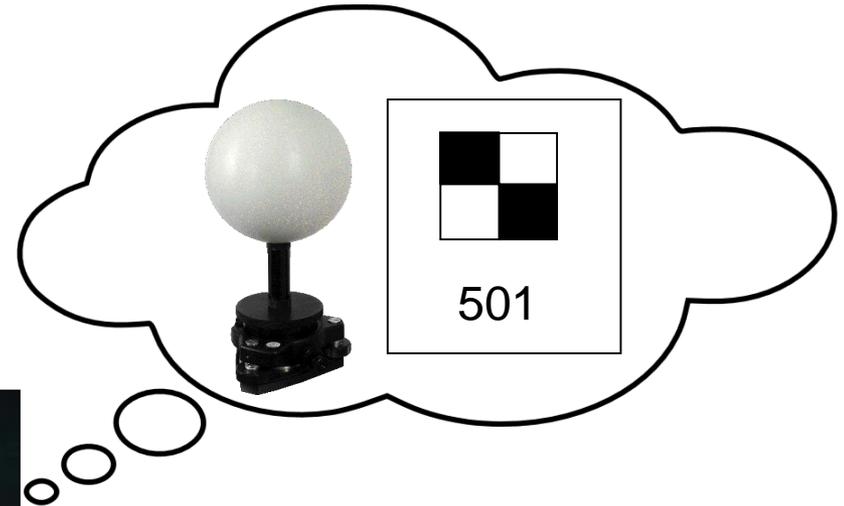
Ergebnis Panoramascanner



Ergebnis Handheldscanner

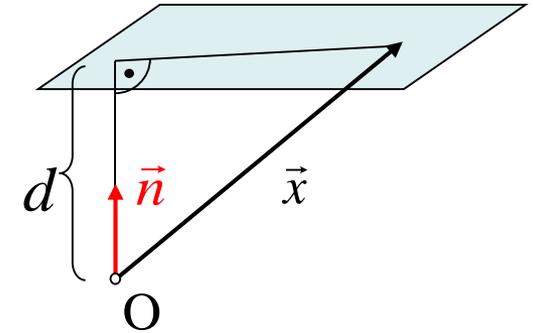


Registrierung mit Targets???



**Nein!!!**

## Schritt 1: Ebenen-Detektion



$$\vec{n} \cdot \vec{x} - d = 0$$



- Normalenvektor  $\mathbf{n}$
- Translationsparameter  $d$
- Kovarianzmatrix der Parameter

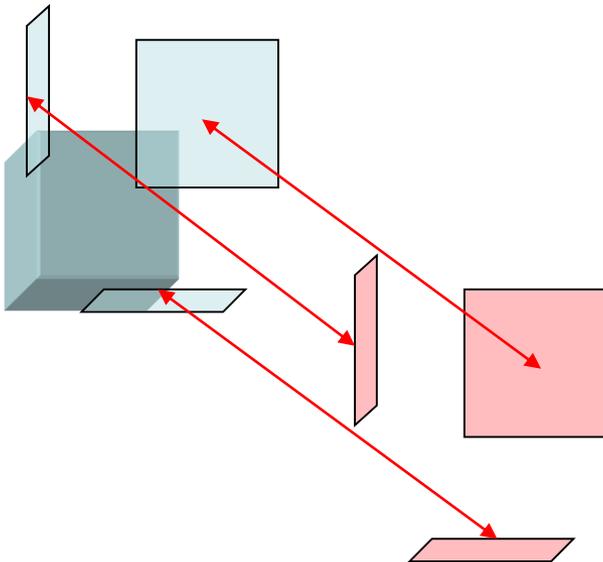
## Schritt 2: Ebenen-Matching



609 Ebenenidentitäten

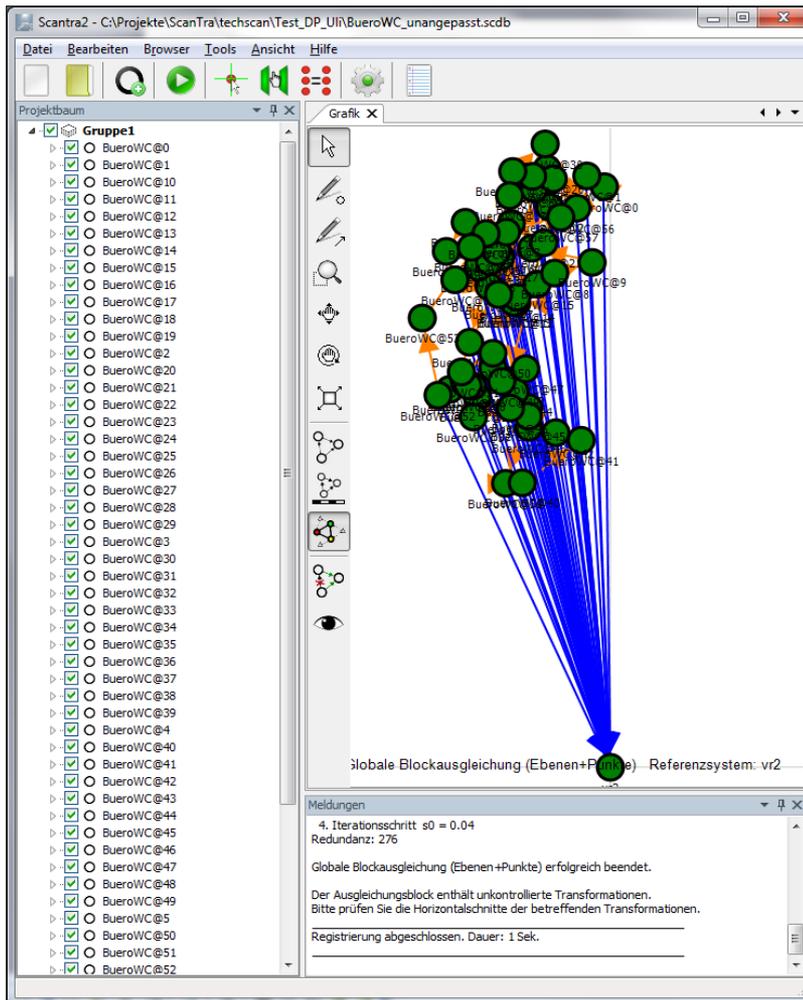


Ausgleichung



$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} q_0 \\ q_x \\ q_y \\ q_z \\ t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} \quad \mathbf{C}_{pp} = \begin{pmatrix} \sigma_{q_0}^2 & & & \text{cov}(\dots) \\ & \dots & & \\ & & \ddots & \\ & & & \vdots \\ & & & & \sigma_{t_z}^2 \end{pmatrix}$$

## Schritt 3: Blockausgleichung



*Beobachtungen:*

Transformationsparameter  $q_l$ ,  $t_l$   
Punktkoordinaten

*Unbekannte:*

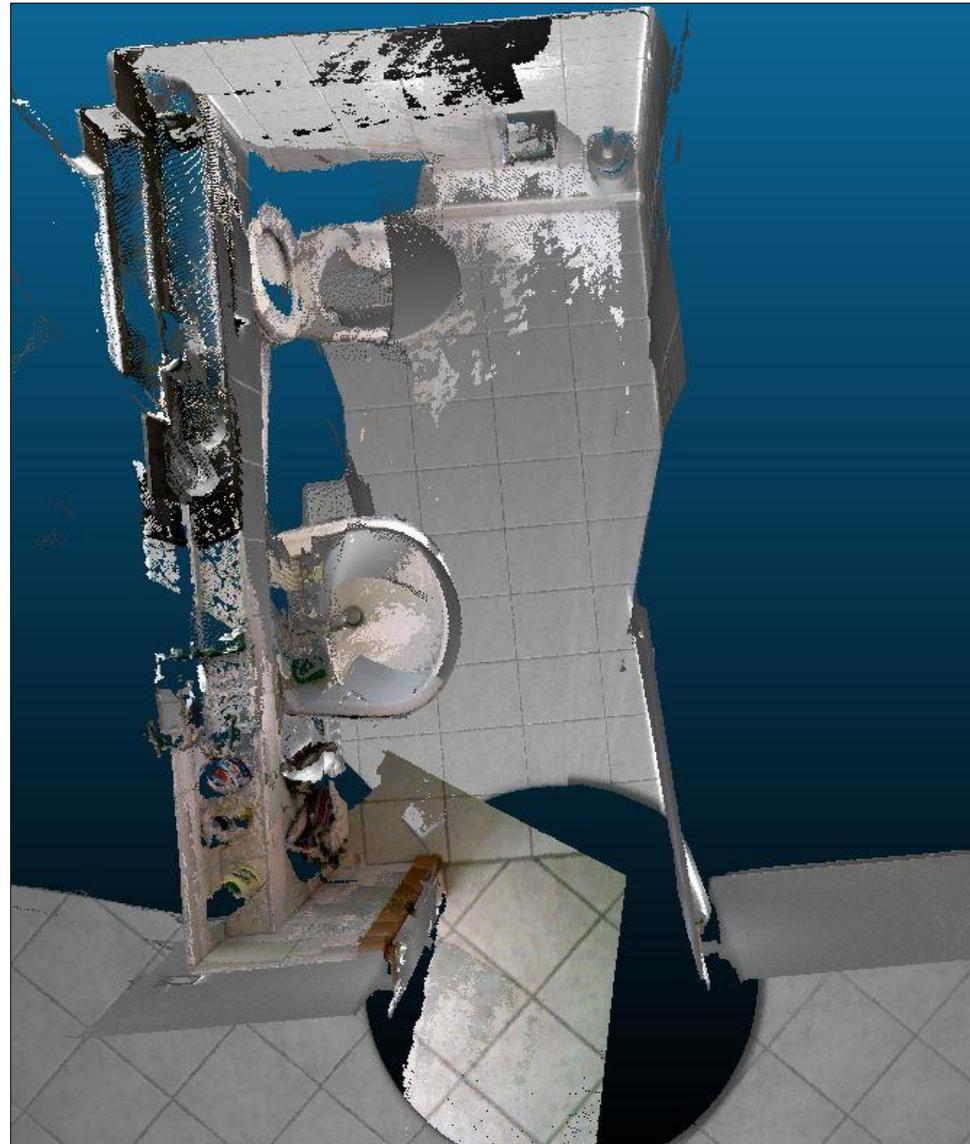
Transformationsparameter  $q_g$ ,  $t_g$   
bezogen auf das globale Datum

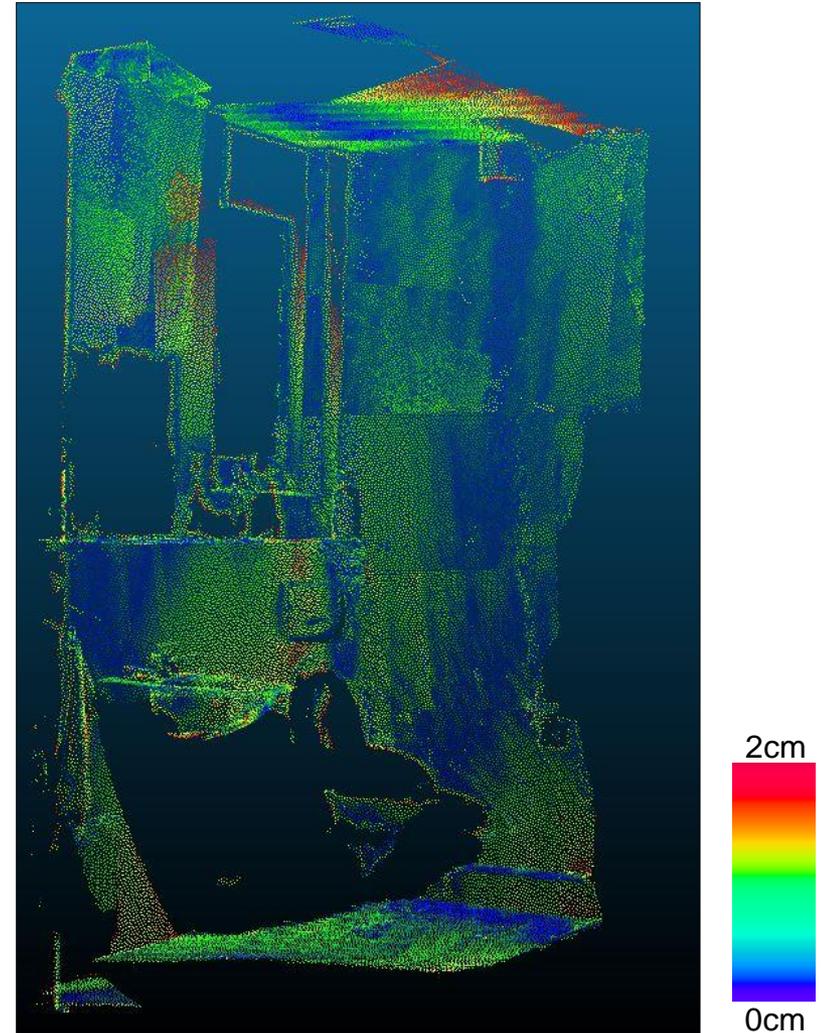
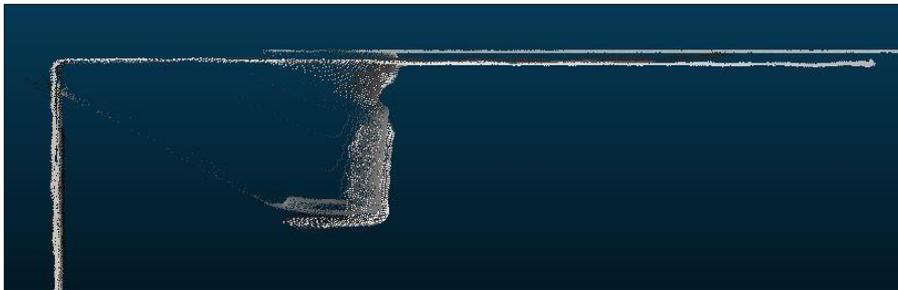
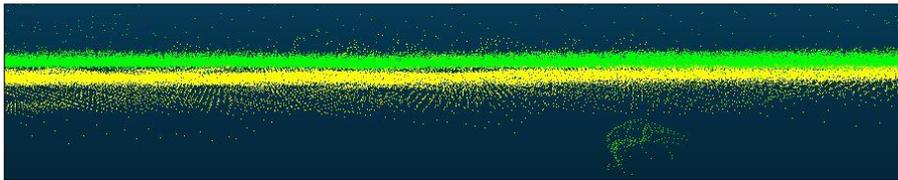
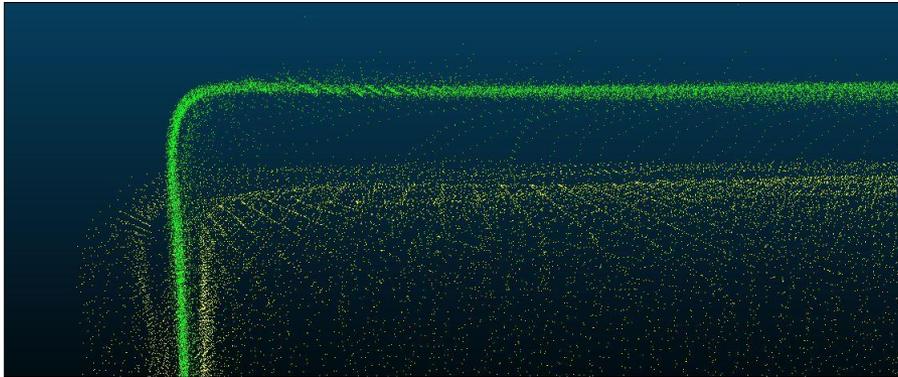
# Ergebnis auf den ersten Blick



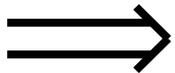
$$\sigma_t = \pm 1 \text{ mm}$$

$$\sigma_\varphi = \pm 0,001 \text{ rad}$$





- Stabilität der Kalibrierung
- Fehlerfortpflanzung der Transformationsparameter (Drift)



- Die relative Genauigkeit benachbarter Frames ist höher als die weit auseinanderliegender Frames

- 2D-Helmert-Transformation liefert Restklaffungen (Verbesserungen)
- Restklaffungen sind Repräsentanten einer Systematik
- Systematik wird modelliert durch Homogenisierung

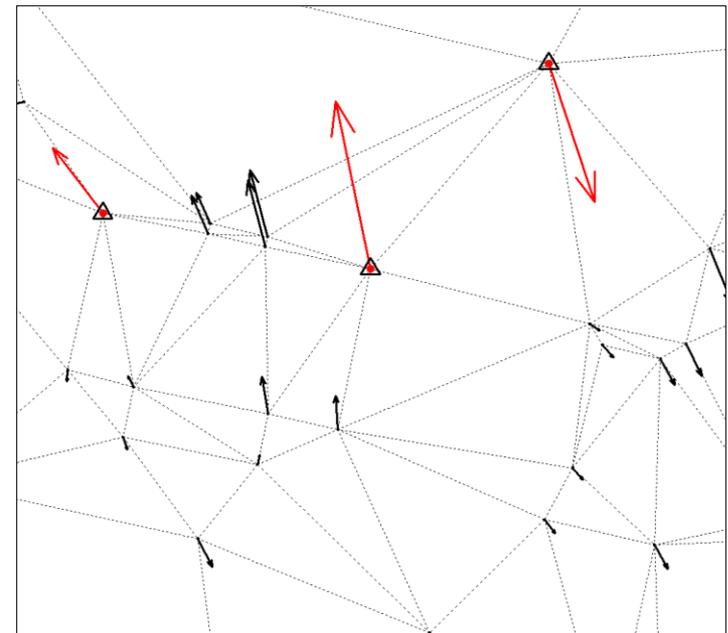
## Homogenisierung

Unzureichend:

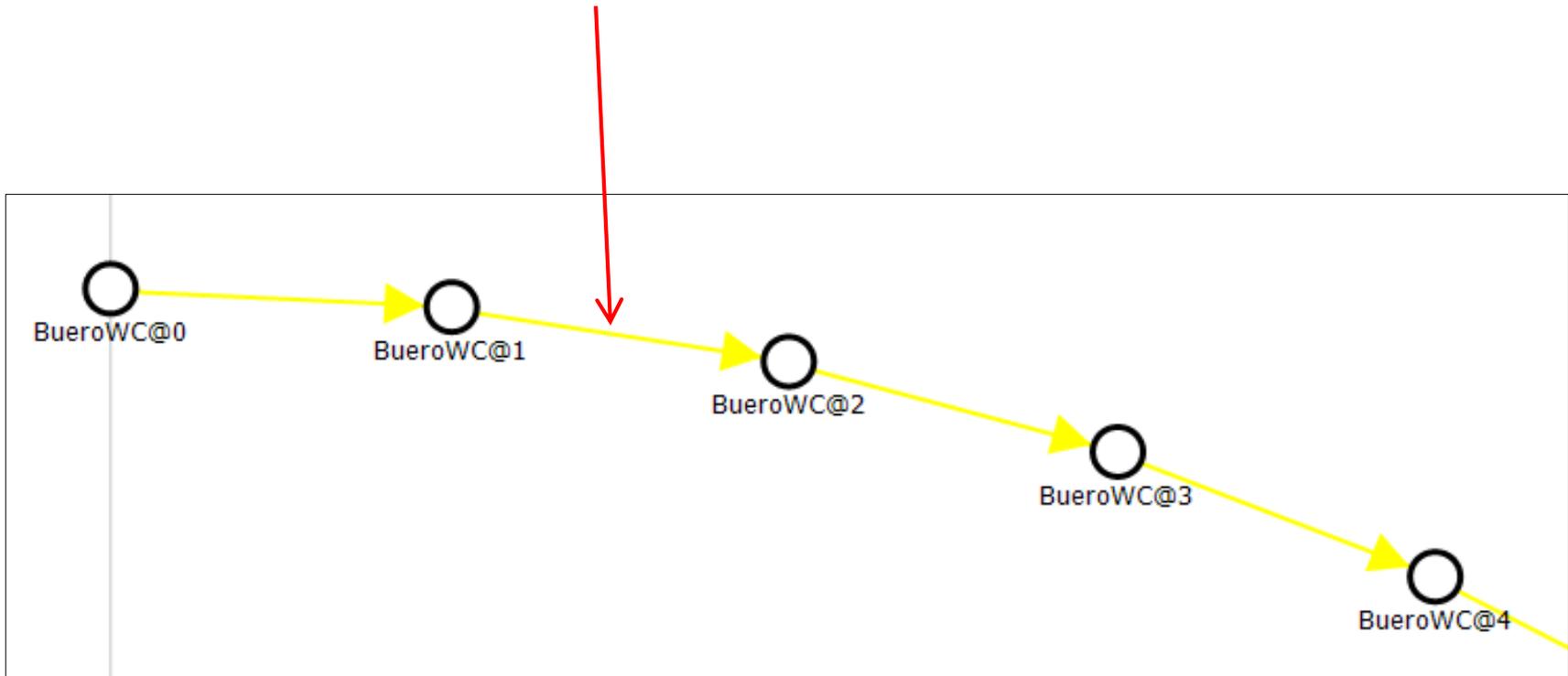
Lineare Interpolationen

Korrekt: Simulation einer Gummimembran

1. Delaunay-Triangulation
2. Einführung von Pseudobeobachtungen
3. Ausgleichung

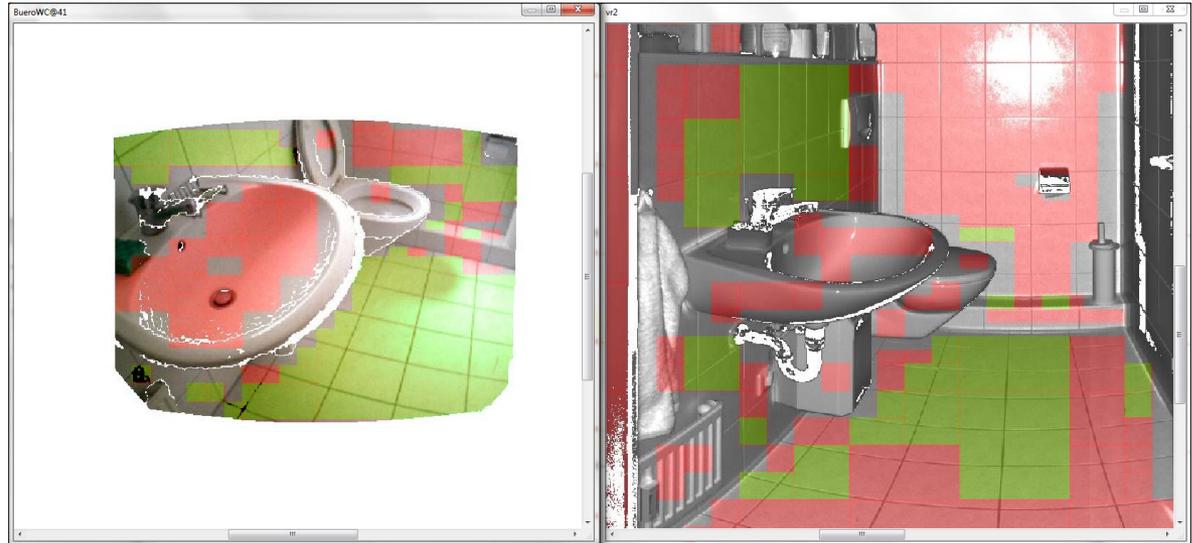


Einführung von Nachbarschaftsbeobachtungen  
(Transformationen)

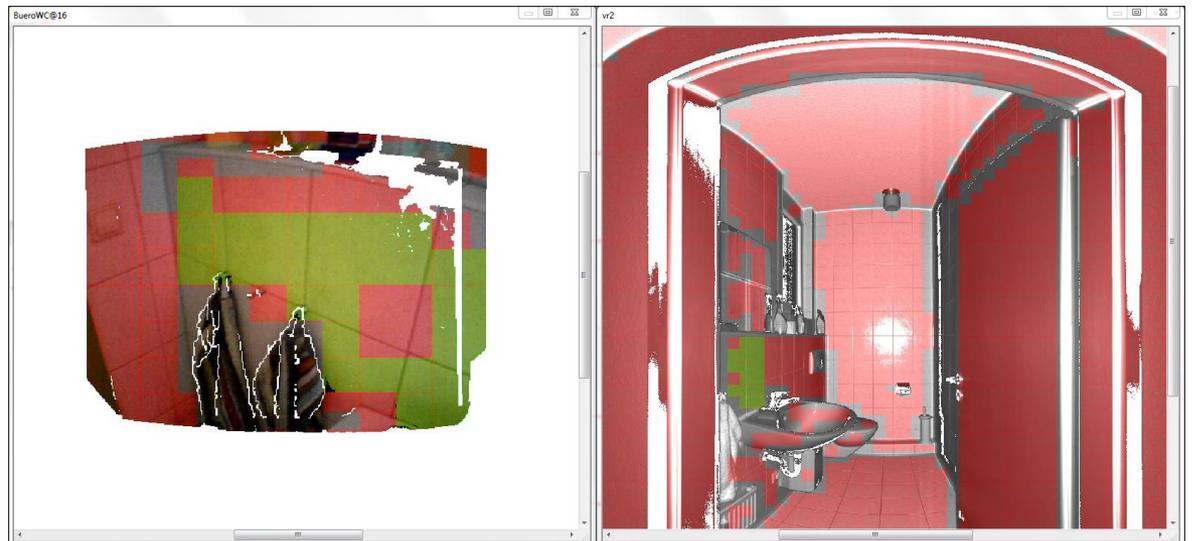


# Die Lösung: 3D-Homogenisierung

Ermittlung von  
Ebenenidentitäten



6 Freiheitsgrade  
bestimmt



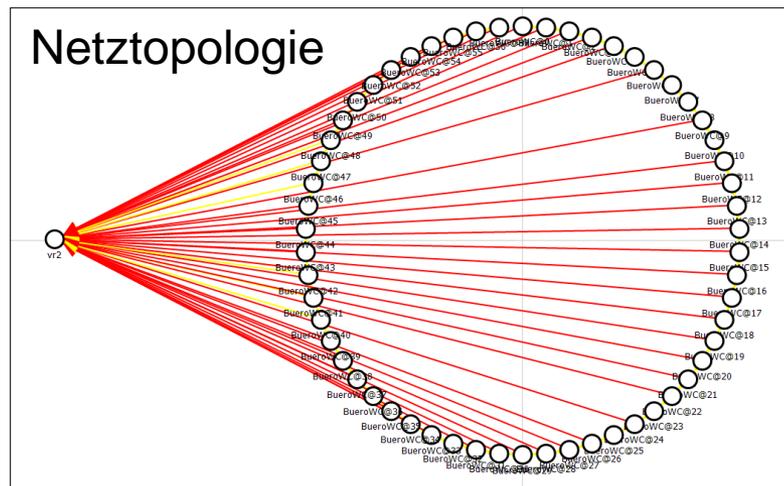
Nur 3 Freiheitsgrade  
gefunden

## Beobachtungen:

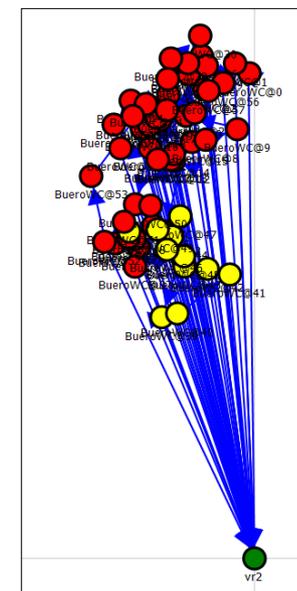
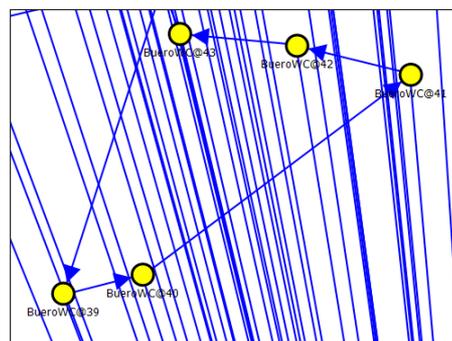
- Transformationen zwischen benachbarten Stationen
- Transformationen zwischen einzelnen Frames und Panoramascan(s)
- Fehlende Freiheitsgrade werden in der Kovarianzmatrix berücksichtigt

## Ergebnis:

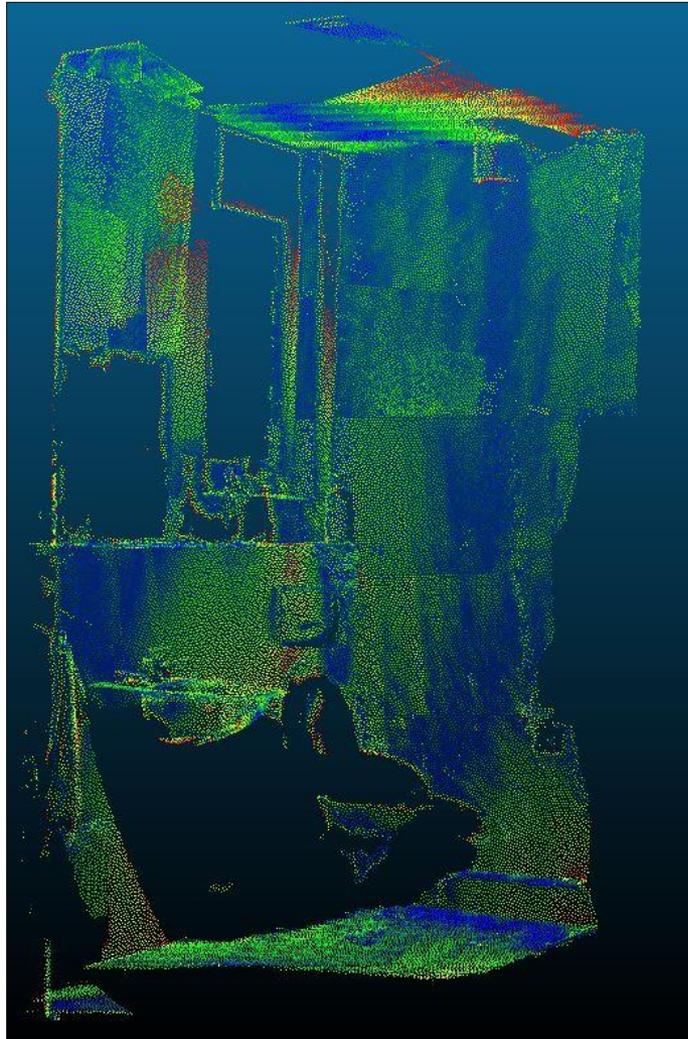
- Transformationsparameter für alle Frames



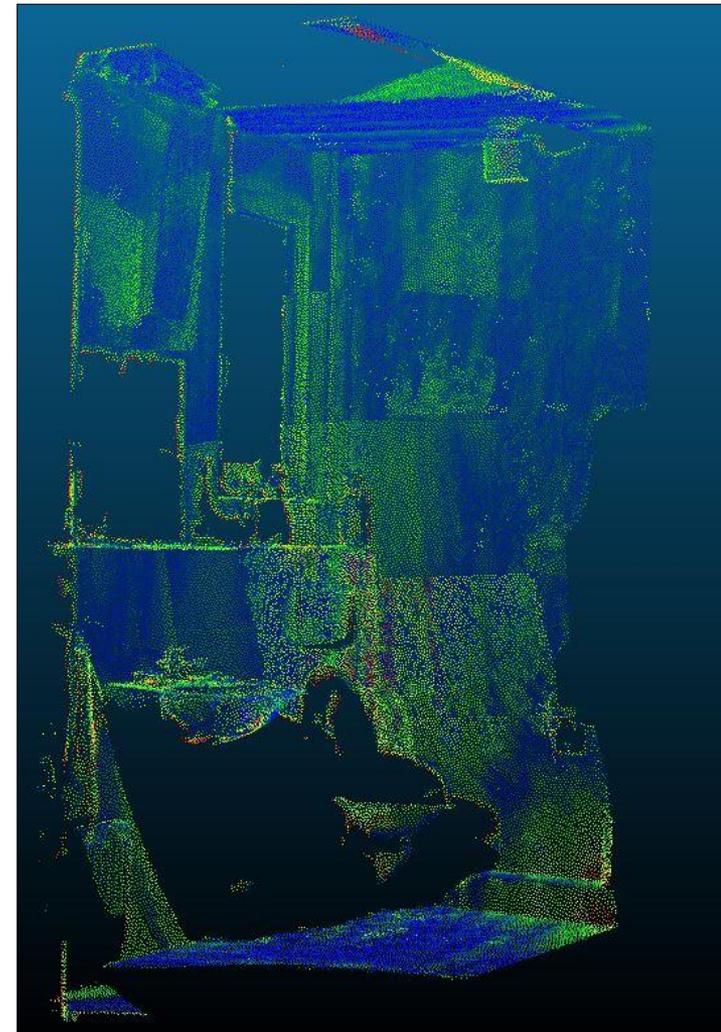
### Ergebnis



Ohne Homogenisierung

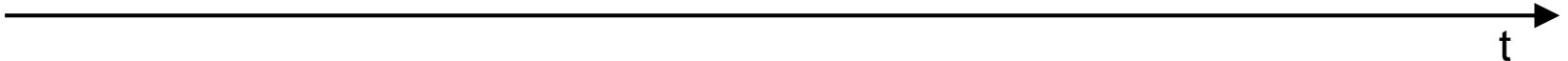
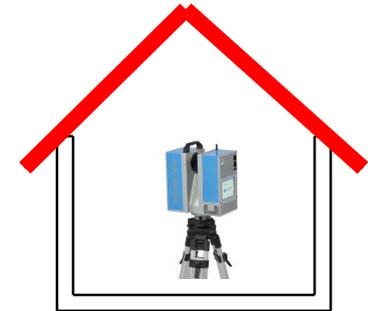


Mit Homogenisierung

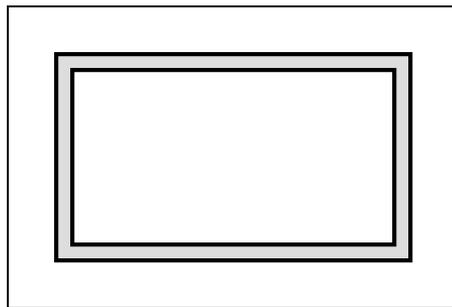


- Handhelds-Scans können über identische Ebenen gut registriert werden
- Bei einer Registrierung ohne 3D-Homogenisierung verbleiben Klaffungen im cm-Bereich
- Mit der 3D-Homogenisierung können Handheldscans entzerrt und an Panoramascans „geklebt“ werden

## Baufortschrittsdokumentation



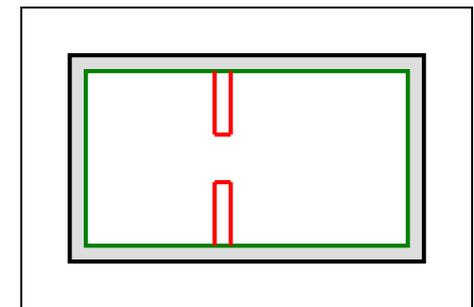
## Fortführungsaufgabe in CAD



CAD

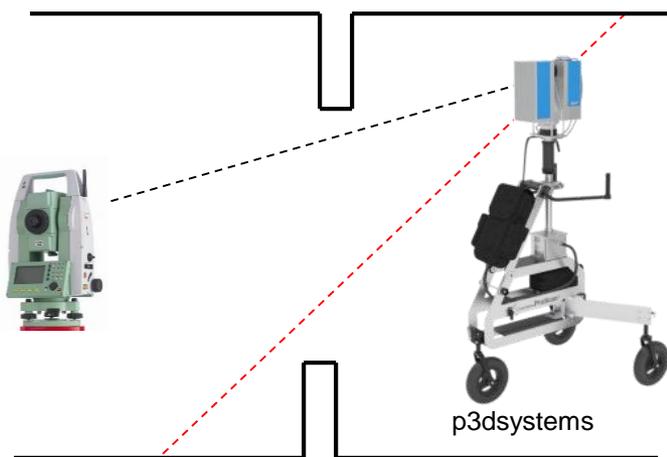


Realität



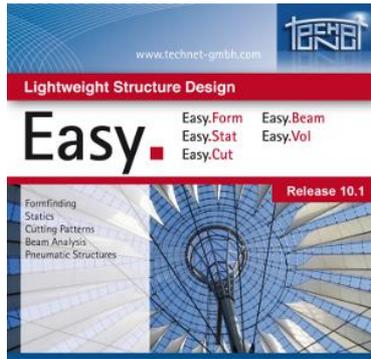
CAD

## Kinematisches Indoor Laserscanning



- Referenz aus Targets und/oder stationären Scans
- Zerlegung der Trajektorie in „finite Elemente“
- Ebenen-Detektion → Ebenen-Matching → Blockausgleichung (Scantra)
- Verbesserung der Trajektorie

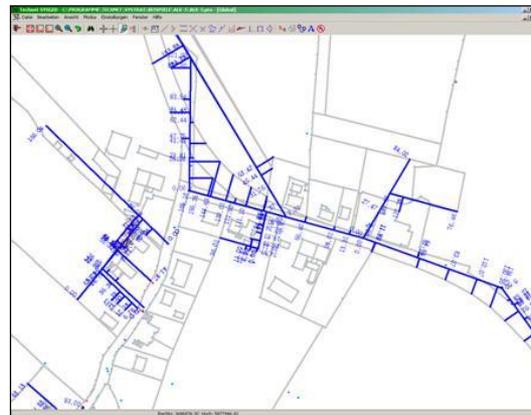
...wer macht so was?



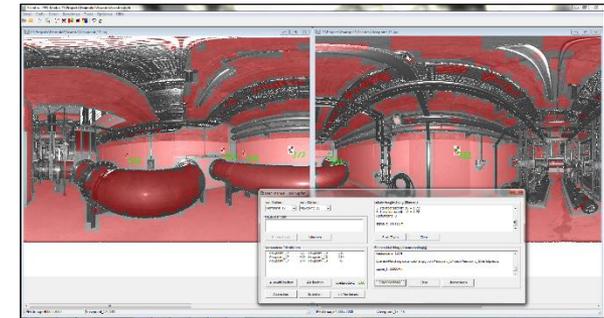
Nationalstadion - Peking



Allianz Arena I - München



Katasteranalyse, Homogenisierung



Scanregistrierung

## Geodätische Ausgleichsrechnung