

**Universität Stuttgart**  
Institut für Ingenieurgeodäsie



# Geometrie für alle

die Ingenieurgeodäsie und ihre  
aktuelle Bedeutung

*Volker Schwieger*

**Was ist Geodäsie?**

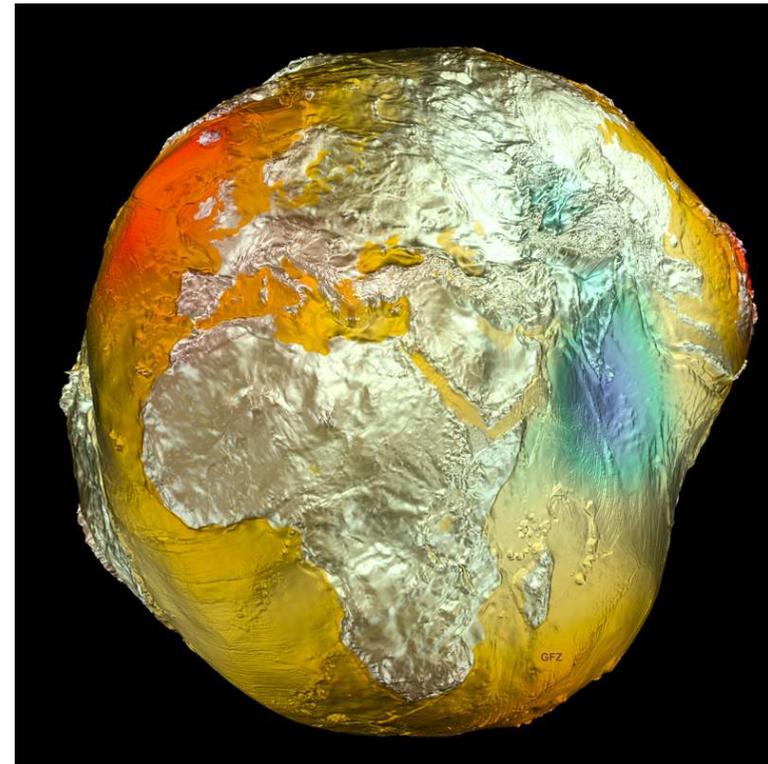
# Was ist Geodäsie?

**GIS**   **GPS**   **GNSS**

**Big Data**

„Die *Geodäsie* ist die Wissenschaft von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche.“

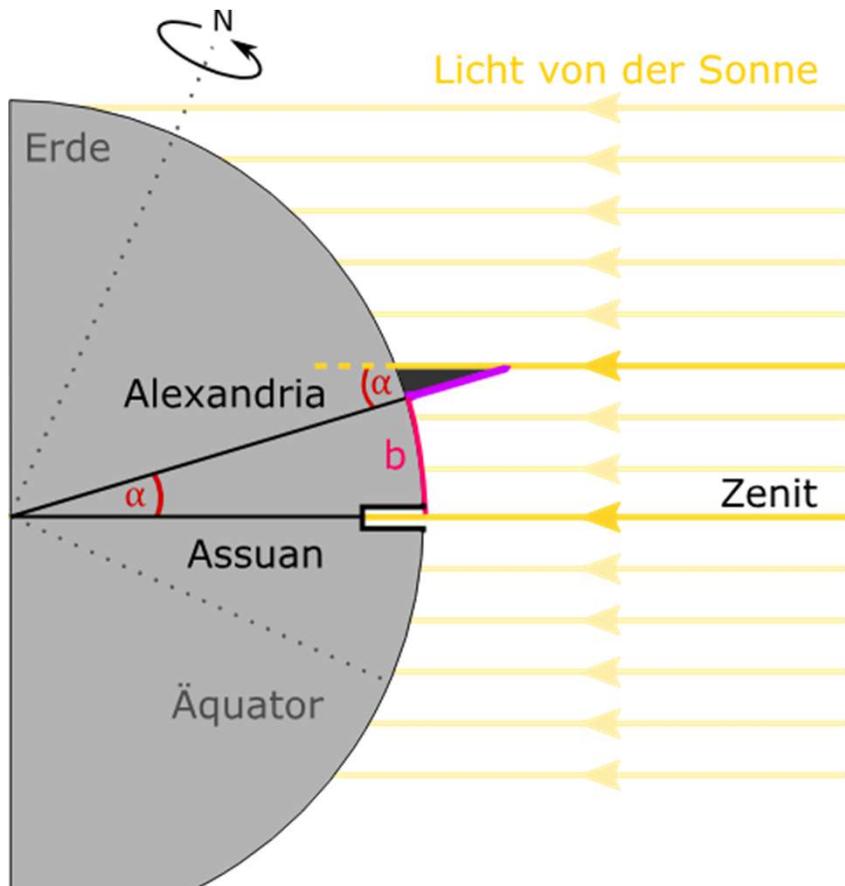
F.R. *Helmert* (1880)



Potsdamer Kartoffel (Geoid; [www.gfz-potsdam.de/](http://www.gfz-potsdam.de/))

**Kataster, Ingenieurvermessung, Landesvermessung, Erdmessung, ...  
Koordinatenbestimmung, aber auch viel mehr!!!**

# Erdmessung / Geodäsie

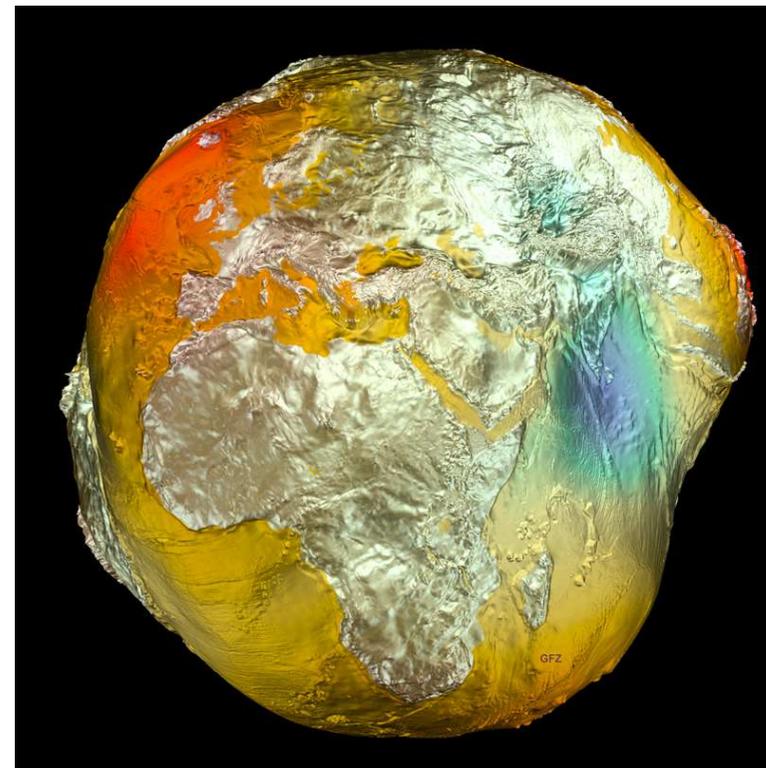


<https://www.leifiphysik.de/astronomie/sternbeobachtung/geschichte/erdradius-nach-eratosthenes>

Geometrie für alle

Bestimmung des Erdradius durch Eratosthenes (276-194 v. Chr)

$$R = \frac{b \cdot \rho}{\alpha} = \frac{5000 \cdot 185\text{m} \cdot \left(\frac{180^\circ}{\pi}\right)}{7,2^\circ} = 7360 \text{ km}$$



Potsdamer Kartoffel (Geoid; [www.gfz-potsdam.de/](http://www.gfz-potsdam.de/))

15.02.2024

4

# Landesmessung

Topographische Karte  
1 : 50 000

L7320  
Stuttgart süd

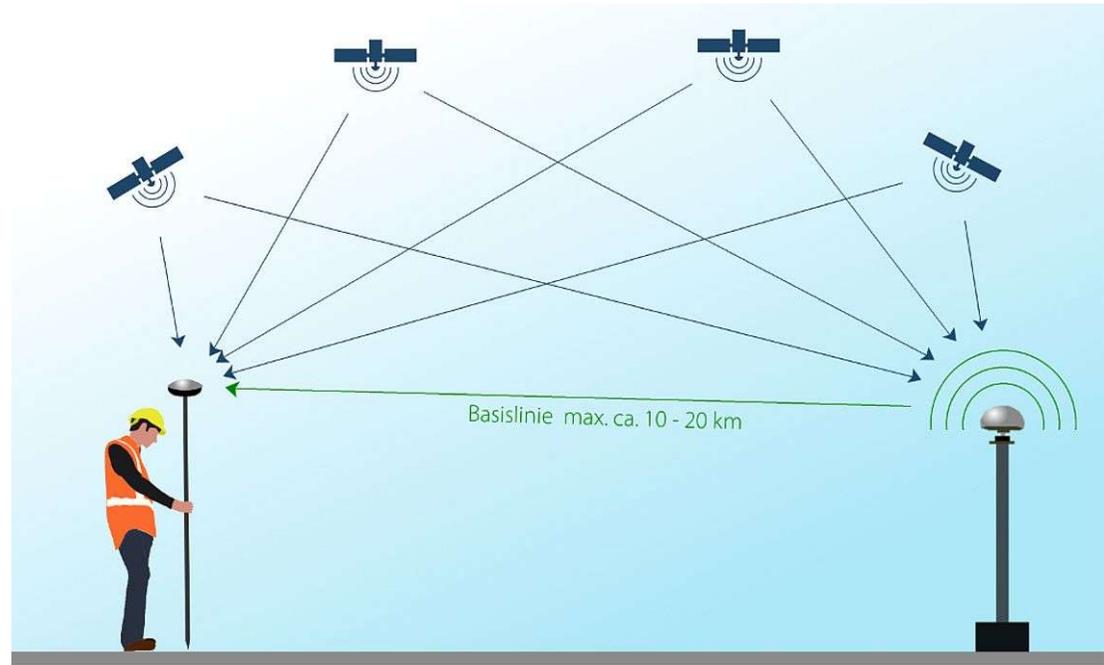


Baden-Württemberg  
LANDESAMT FÜR GEODINFORMATION UND LANDENTWICKLUNG

Scale: 1:50,000  
L7320

LGL Baden-Württemberg

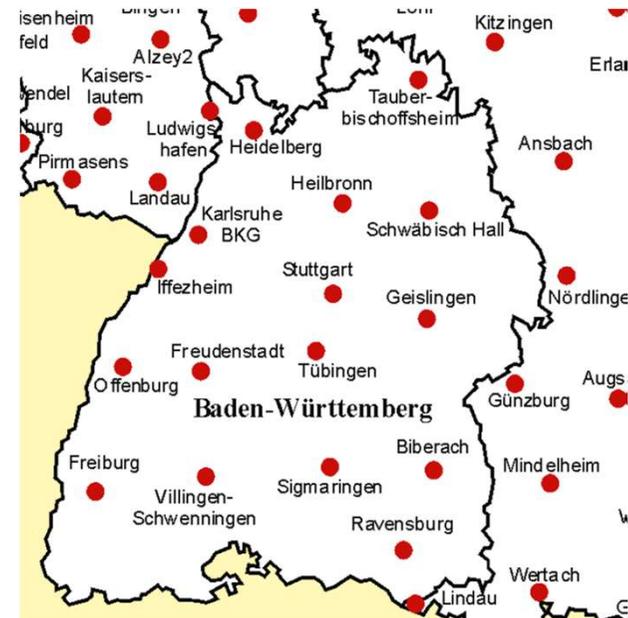
Geometrie für alle



Rover  
(Koordinaten gesucht)

Basisstation  
(Koordinaten bekannt)

<https://www.magicmaps.de/>



# Kataster

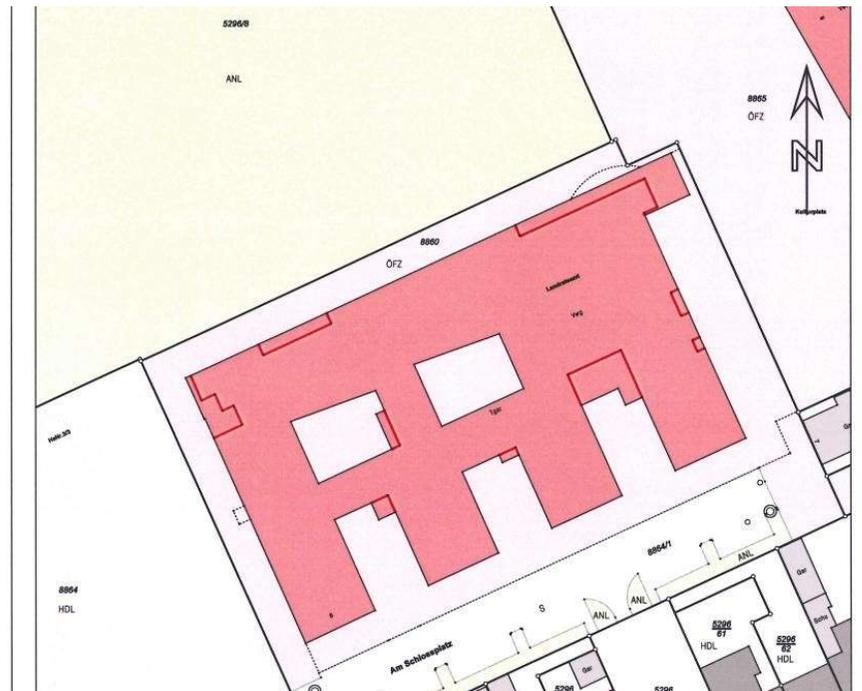
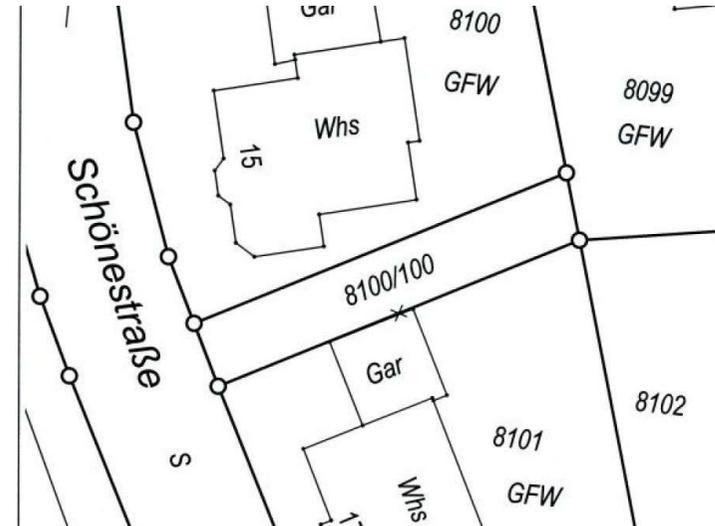
Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Rastatt Kreis Rastatt Regierungsbezirk Karlsruhe
Lage:	Am Schloßplatz 5
Fläche:	10 528 m <sup>2</sup>
Tatsächliche Nutzung:	8 788 m <sup>2</sup> Öffentliche Zwecke 1 362 m <sup>2</sup> Straßenverkehr 378 m <sup>2</sup> Grünanlage
Gebäude:	Tiefgarage, Verwaltungsgebäude "Landratsamt", Am Schloßplatz 5

## Angaben zu Buchung und **Eigentum**

Buchungsart:	Grundstück
Buchung:	Grundbuchamt Rastatt Grundbuchblatt 16345 Laufende Nummer 3
Eigentümer:	1 Landkreis Rastatt

Landkreis Rastatt

Geometrie für alle



15.02.2024

6

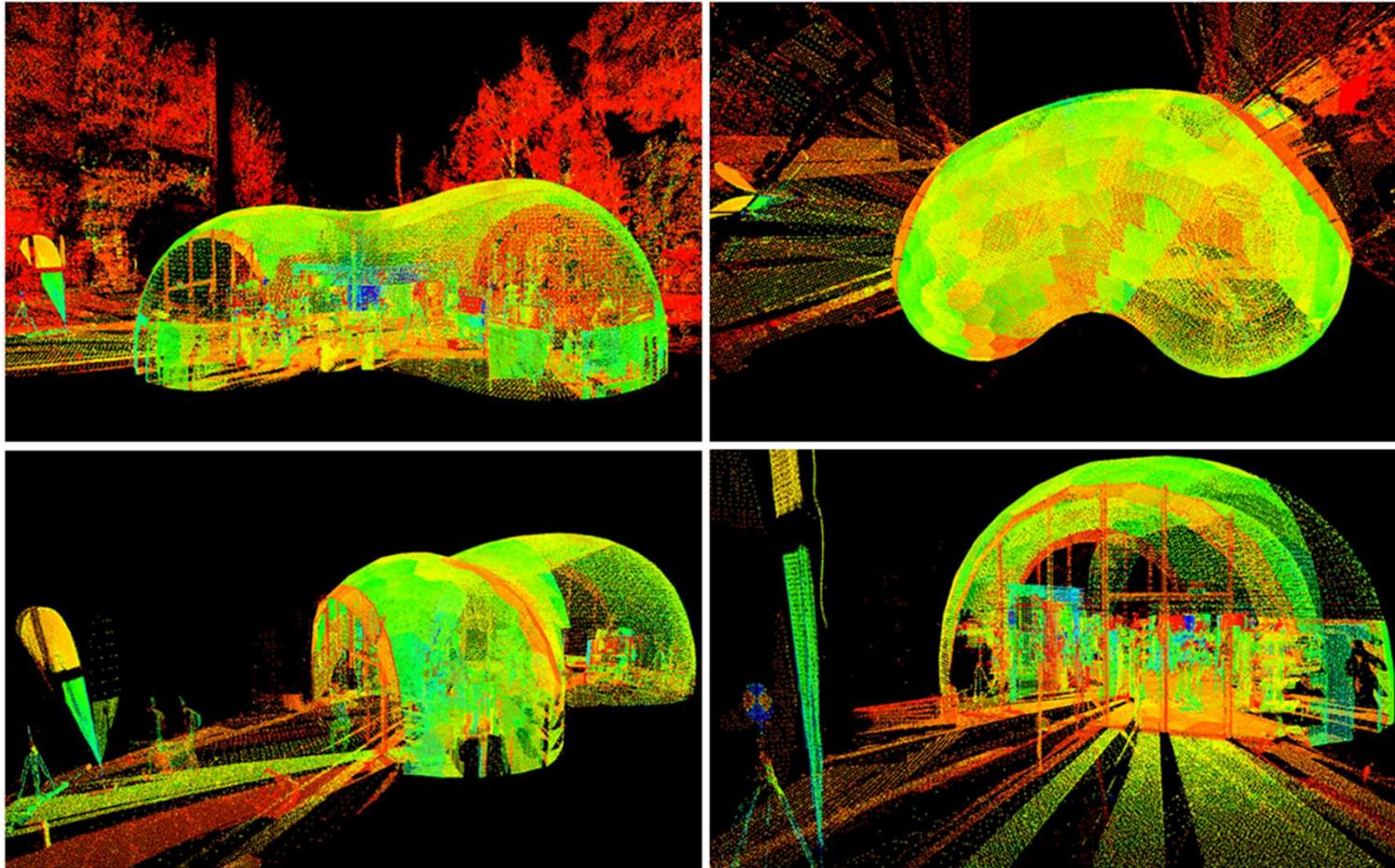
**Was ist  
Ingenieurgeodäsie?**

# Ingenieurgeodäsie

„Vermessung im Zusammenhang mit der **Aufnahme**, Projektierung, **Absteckung**, Abnahme und **Überwachung** von Bauwerken oder anderen Objekten.“

- Bauvermessung
- Überwachung von Bauwerken, wie Brücken und Talsperren, und natürlichen Objekten, wie Berghänge oder Gletscher
- Baumaschinen- und Robotersteuerung
- Qualitätskontrolle u.a. in der Flugzeug- und Automobilindustrie
- Kinematische Positionsbestimmung und Navigation

# Aufnahme- / Abnahmevermessung



Laserscanning Punktwolken

# Absteckung

Hochgenaue Gleisabsteckung

Messverfahren zum Bau  
der Festen Fahrbahn



Robot-Tachymeter  
und Festpunktfeld



Gleismesswagen  
und Messrechner



# Monitoring / Überwachung

Staumauer: GNSS



Quelle:  
Illwerke, Österreich



μ-blox LEA-6T



GPS und WLAN

# Ingenieurgeodäsie

„Ingenieurgeodäsie ist die praktische Nutzanwendung des Gesamtgebietes der Geodäsie unter den erschwerenden Umständen der **turbulenten Praxis**.“

Ingenieurgeodäsie ist die Beherrschung von groß- und kleinräumigen **geometrieorientierten** Fragestellungen mit Schwerpunkt auf

- Qualität,
- Sensorik und
- Bezugssysteme

für

- Aufnahme,
- Absteckung und
- Monitoring

- **Kooperation mit**
  - **Bauwesen**
  - **Maschinenbau**
  - **Verkehrswesen**
  - **Luft- und Raumfahrt**

# Ingenieurgeodäsie

## Innovative aktuelle Entwicklungen

- 3D Monitoring
- Navigation und Automatisiertes Fahren
- Maschinen- und Robotersteuerung

# 3D Monitoring

# Terrestrischer Laserscanner (TLS) - LIDAR



Trimble X7



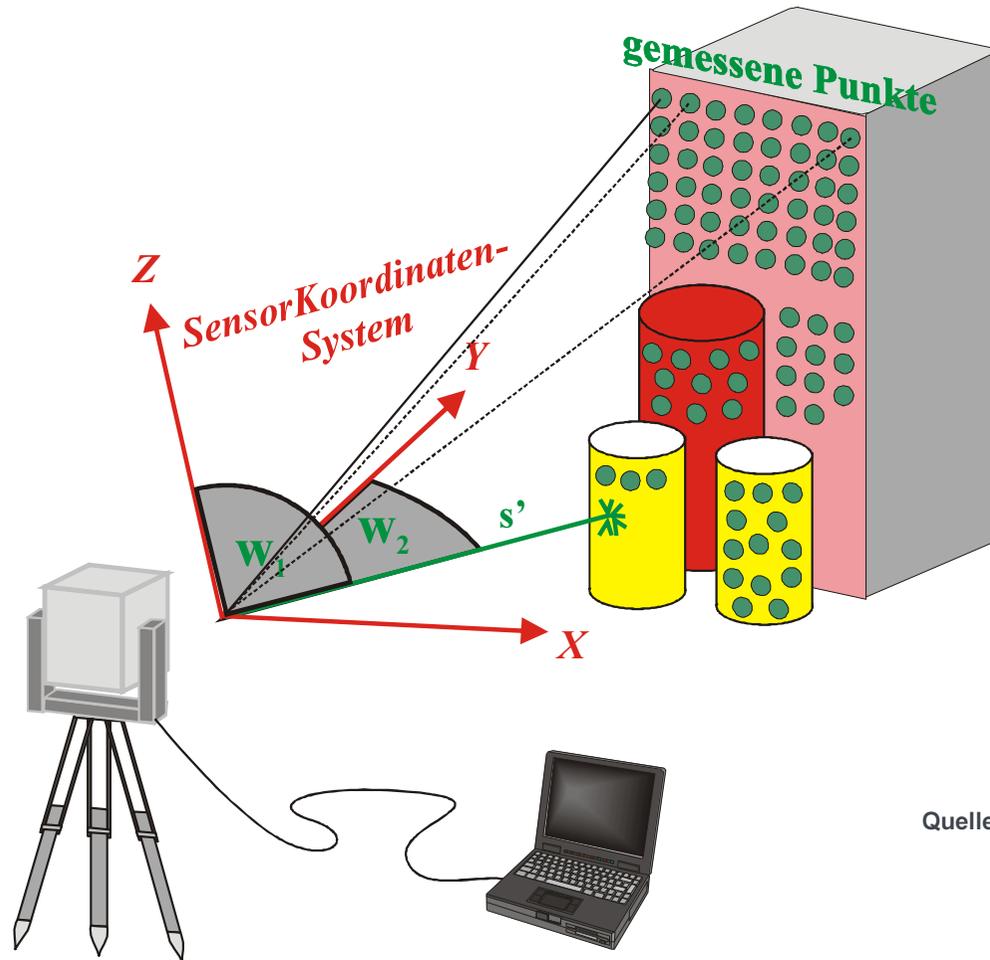
Riegl VZ-6000



Zöllner und Fröhlich  
Imager 5016

> 1 Millionen x (Hz, V, D) / Sekunde

# Terrestrischer Laserscanner (TLS) - LIDAR

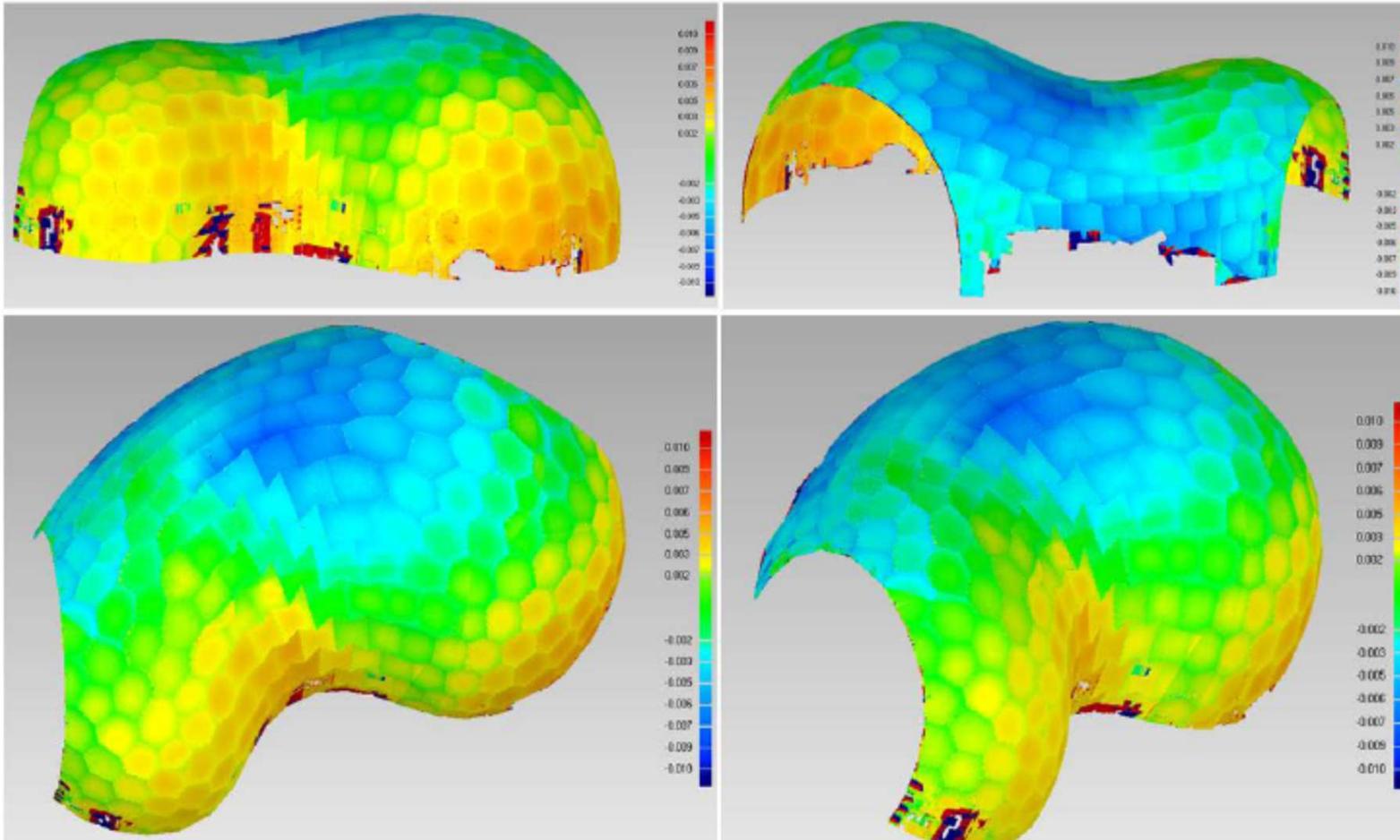


Quelle: Staiger 2003

**Flächenhafte Geometriebestimmung auf wenige mm bis cm genau!**

# TLS - Monitoring

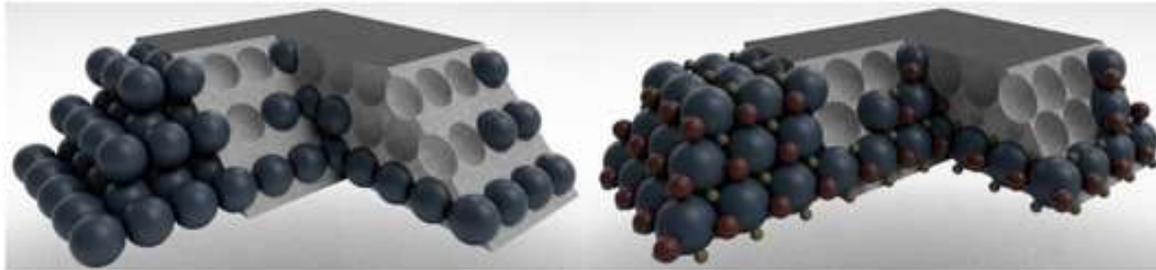
## Anwendung Deformationsanalyse von Holzgebäuden



Vergleich zweier Punktwolken, Festhalten einer Teilbereichs des Pavillons

# TLS - Monitoring

## Anwendung Gradientenbeton



(a)



(b)

- Weniger Material aufgrund von Hohlkugeln im Beton (Nachhaltigkeit)
- Kugeldurchmesser variabel
- Bei der Herstellung wird der Beton zwischen die Hohlkugeln gegossen
- Herausforderungen und Lösungen für die **geometrische Qualitätssicherung**
  - Überwachung der Kugelposition
  - Untersuchung des Betonniveaus und der Ebenheit des Betons

# TLS - Monitoring

## Anwendung Gradientenbeton



(a)



(b)



(c)



(d)



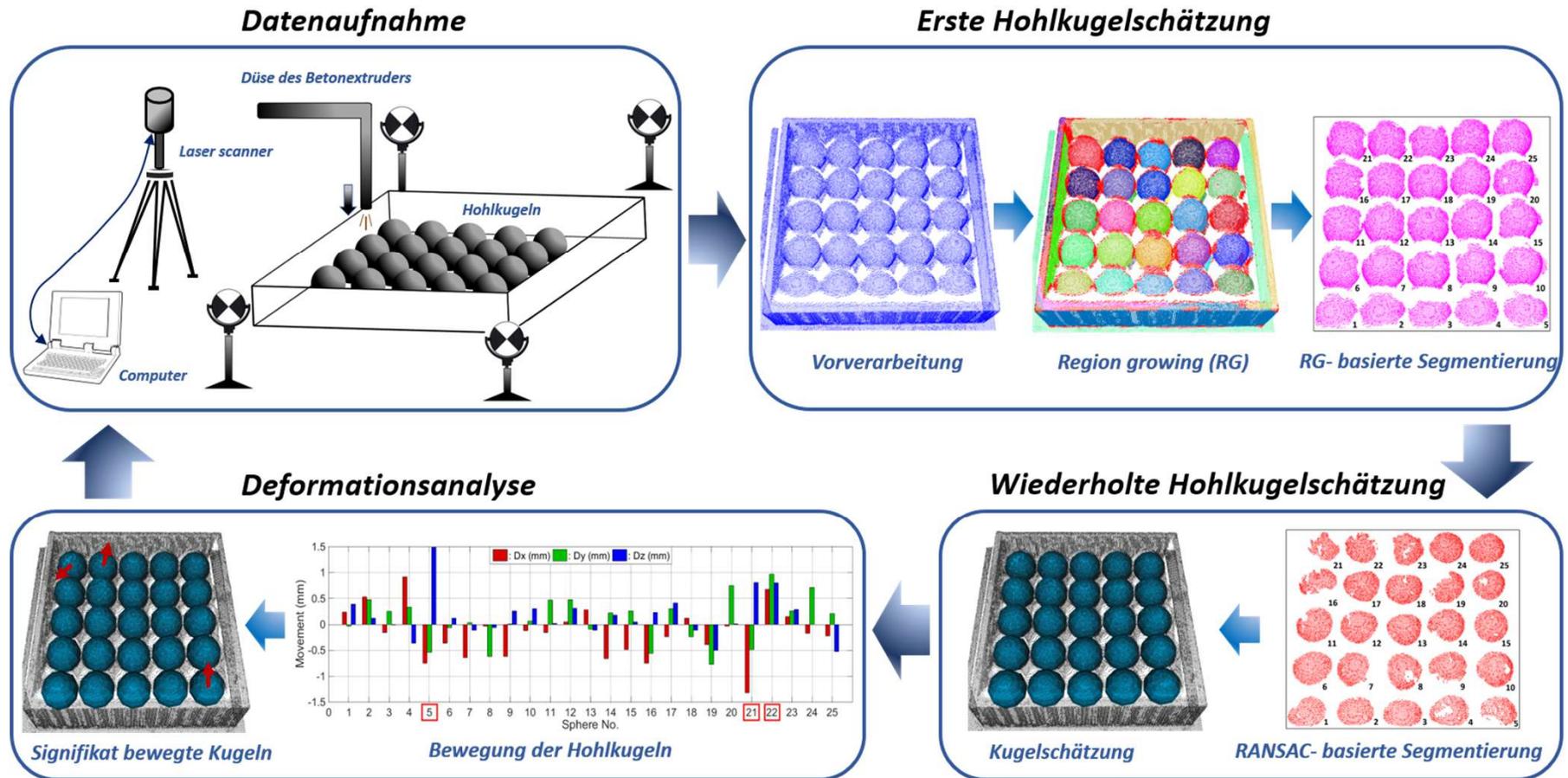
(e)



(f)

# TLS - Monitoring

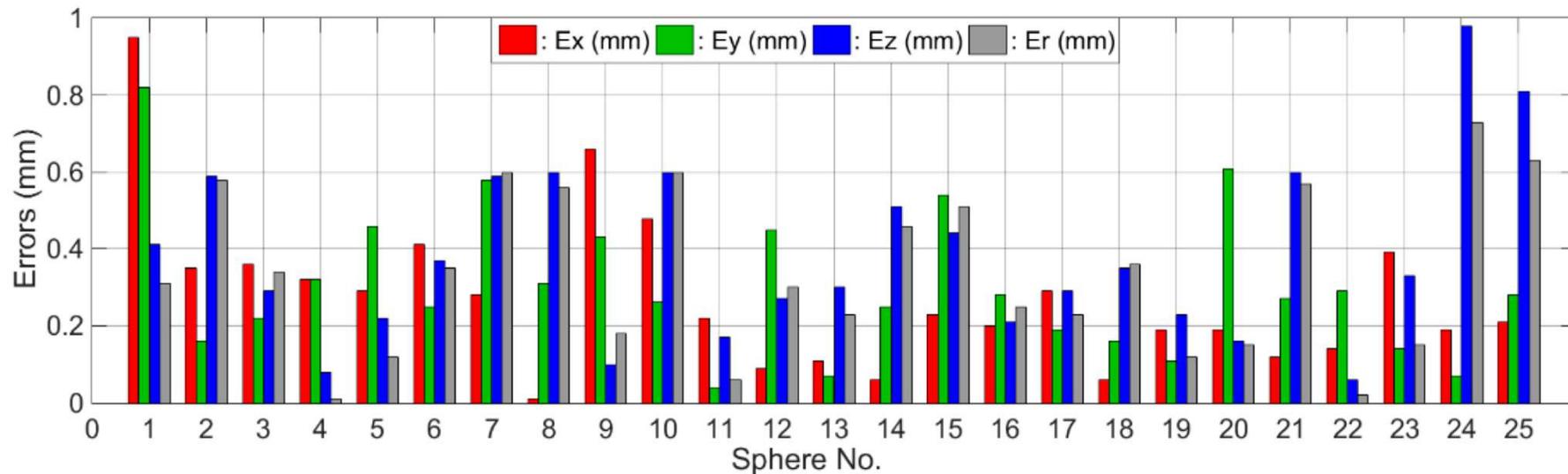
## Anwendung Gradientenbeton



# TLS - Monitoring

## Anwendung Gradientenbeton

- Vollständige Kugelerkennung: 100 % für alle Zeitpunkte/Epochen
- Genauigkeit der Kugelschätzung: < 1 mm

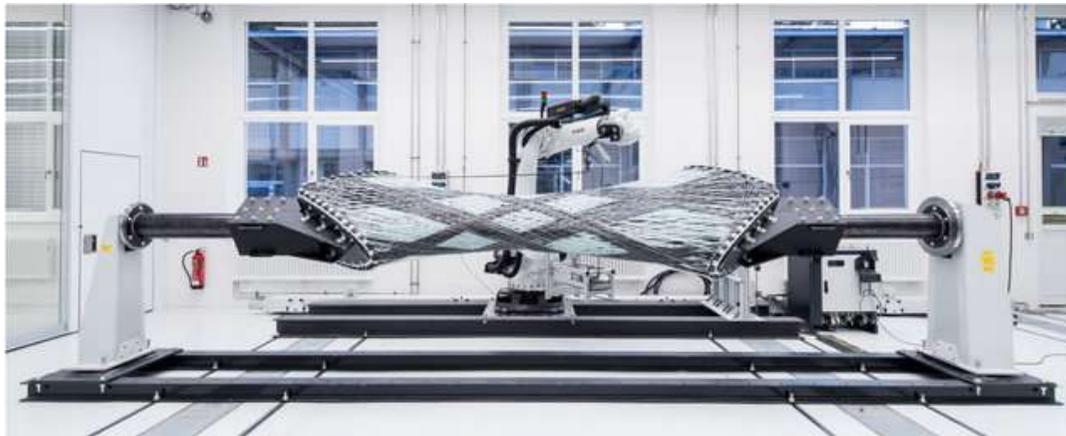


- Echtzeitfähigkeit: < 3 s für erste Epoche, < 1 s für nachfolgende Epochen
- Kugelbewegungen: < 1,5 mm (nicht signifikant für fast alle Kugeln)

# TLS - Monitoring

## Anwendung Faserverbundwerkstoffe

- Kohlenstofffasern
  - geringe Wärmeausdehnung,
  - hohe Korrosionsbeständigkeit
  - gutes Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht.
- Entwicklungen in der robotergestützten Fertigung
  - z.B. die kernlose Faserwicklung (CFW),
  - Konstruktion auf der Grundlage einer Faser-Faser-Interaktion anstelle von teuren Schalungen



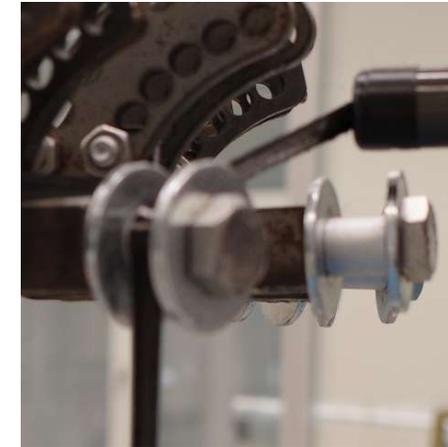
Gil Pérez, M., Zechmeister, C., Kannenberg, F., Mindermann, P., Balange, L., Guo, Y., Huegle, S., Gienger, A., Forster, D., Bischoff, M., Gresser, G. T., Middendorf, P., Schwieger, V., Tarín, C., Knippers, J., Menges, A. (2022): Computational co-design framework for coreless wound fibre-polymer composite structures. *Journal of Computational Design and Engineering*, 9(2).

# TLS - Monitoring

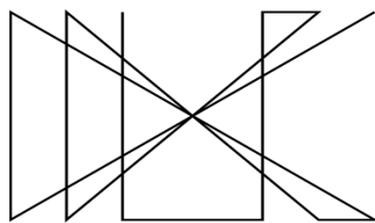
## Anwendung Faserverbundwerkstoffe

### Auswerteschritte für die Qualitätssicherung

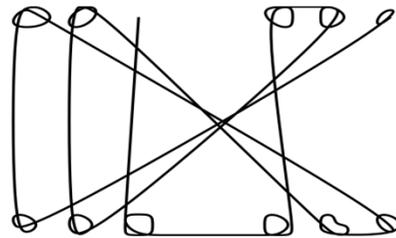
- Segmentierung der Punktwolke (z.B. Hough-Transformation)
- Rückführung auf Linienmodell → Linienschätzung
- Bestimmung der Schnittpunkte
- Bestimmung der Netztopologie



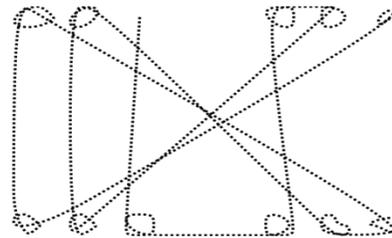
5 mm



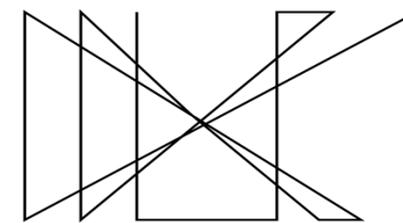
Syntax



Pfadplanung



Gemessene  
Punktwolke

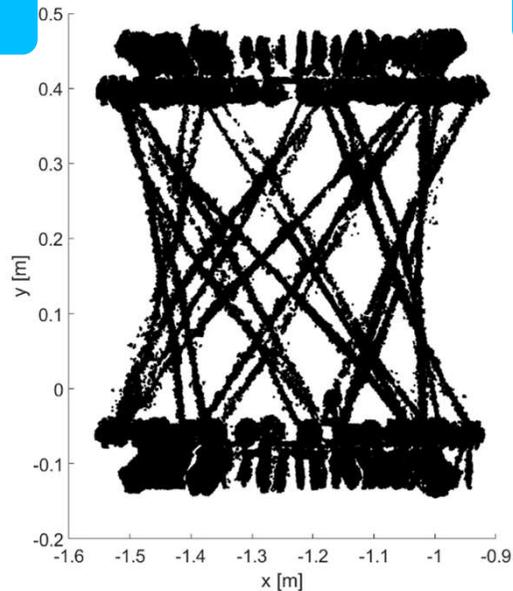


Bearbeitete  
Punktwolke

# TLS - Monitoring

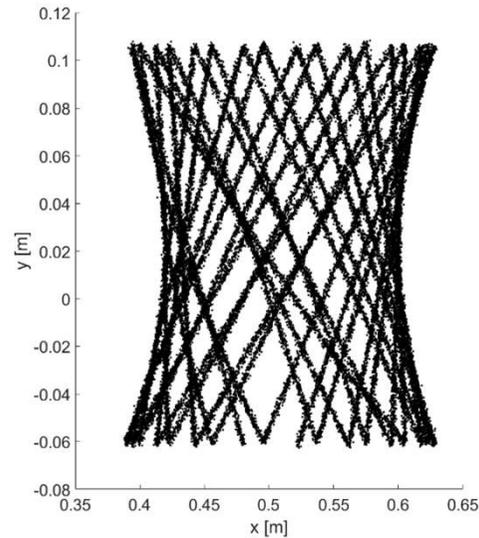
## Anwendung Faserverbundwerkstoffe

1



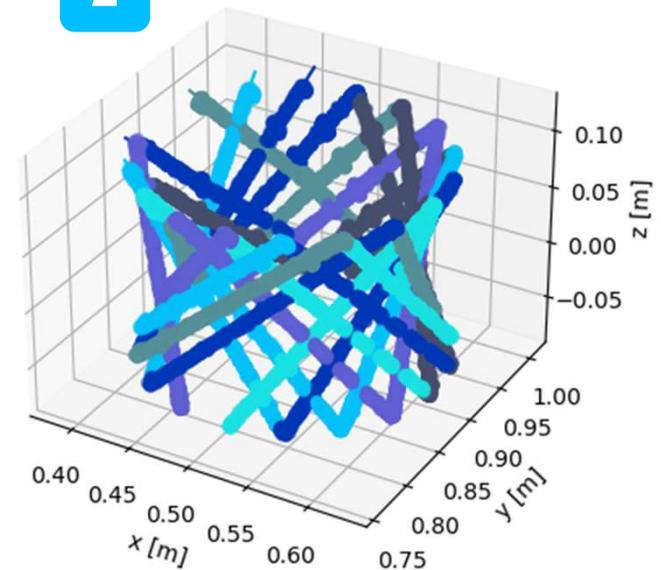
Gemessene Punkt看ke, mit Trimble X7  
Zielweite: ca. 1,5-2 m  
3-4 Standpunkte  
Auflösung: 0,5-1 mm

2



Simulierte Punkt看ke,  
basierend auf Fasersyntax

2



Segmentierte / erkannte Linien  
für simulierte Punkt看ke  
(mittels Hough-Transformation)

**Erkennung fehlerhaft detektierter Segmente:  
zu lang, falsch orientiert, lückenhaft**

# **Mobilität und Automatisiertes Fahren**

# Global Navigation Satellite Systems (GNSS)

...nicht nur GPS - Global Positioning System

GNSS Empfänger

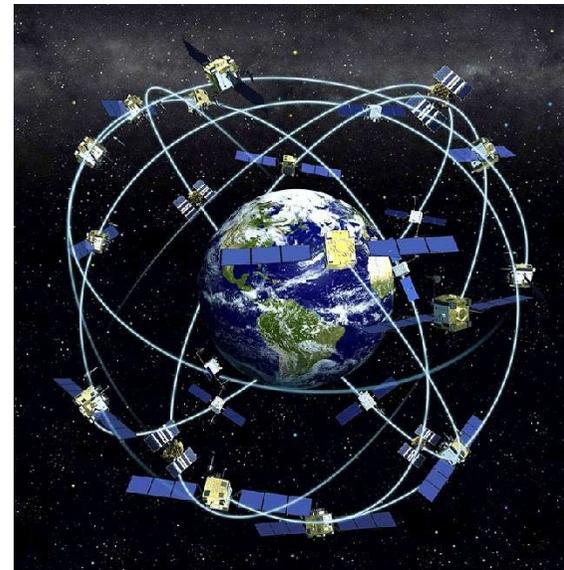


Leica GS 18T



Trimble R12i

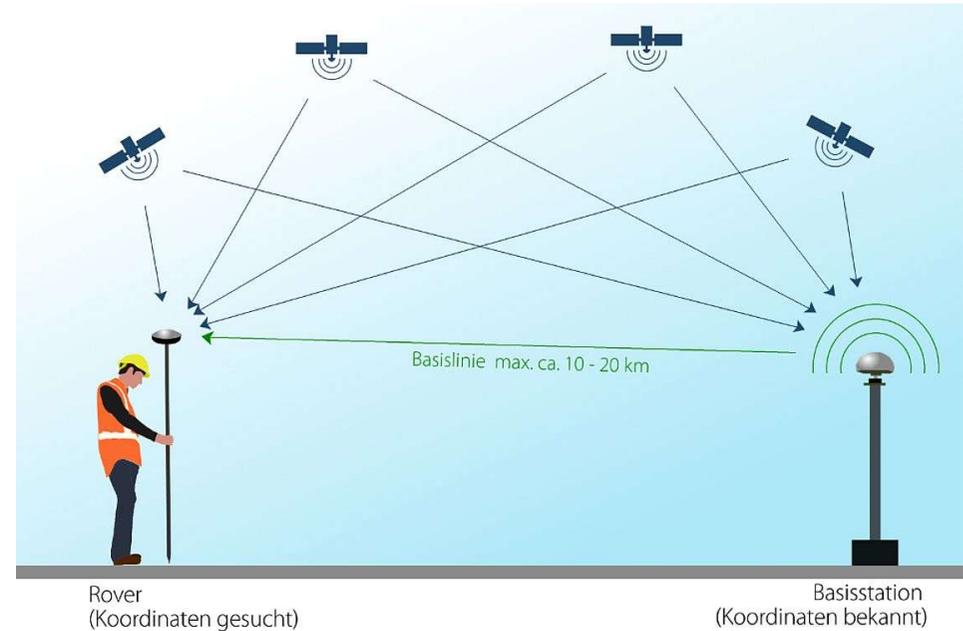
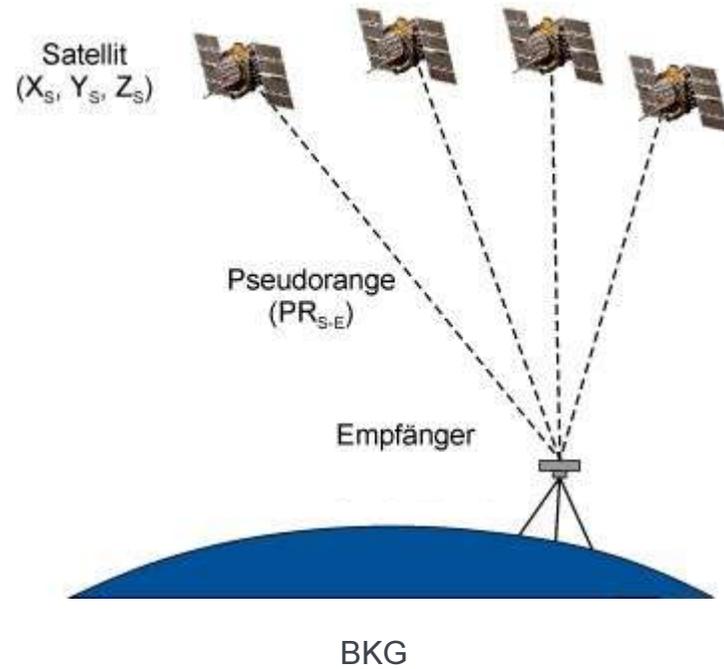
GPS Konstellation



NOAA

# Global Navigation Satellite Systems (GNSS)

## Absolut und Relativ



<https://www.magicmaps.de/>

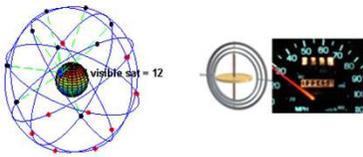
**Punktbezogene Geometriebestimmung auf cm genau!**

# Mobilität und Automatisiertes Fahren

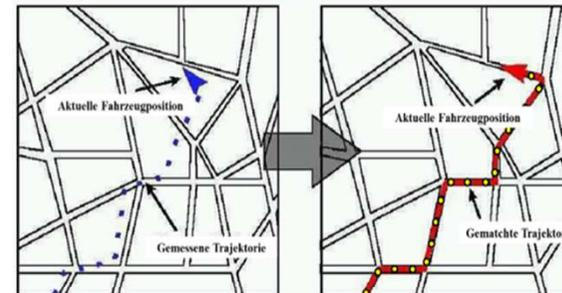
## Navigationssysteme

- Fahrerassistenzsysteme
- Autonomes Fahren

Positionsbestimmungsverfahren wie z.B. GNSS und Multisensor-Datenfusion



## Map-Matching-Prozesse



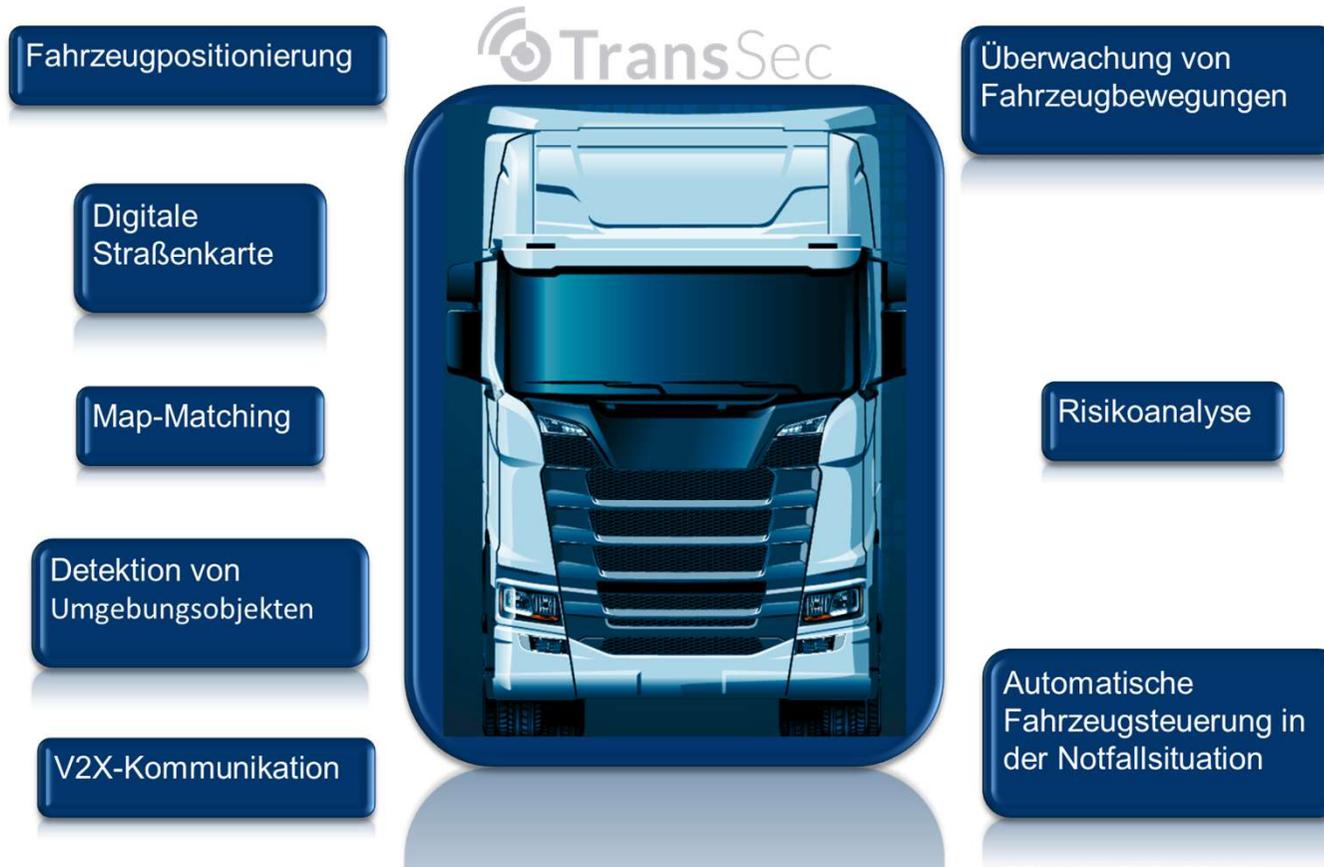
TomTom Go Live 1005



Garmin nüvi 3490LMT

# Automatisiertes Fahren

## Autonomous Emergency Maneuvering and Movement Monitoring for Road Transport Security



Universität Stuttgart



Horizon 2020  
European Union Funding  
for Research & Innovation

In Kooperation mit

Daimler AG

vicomtech

TeleConsult  
AUSTRIA

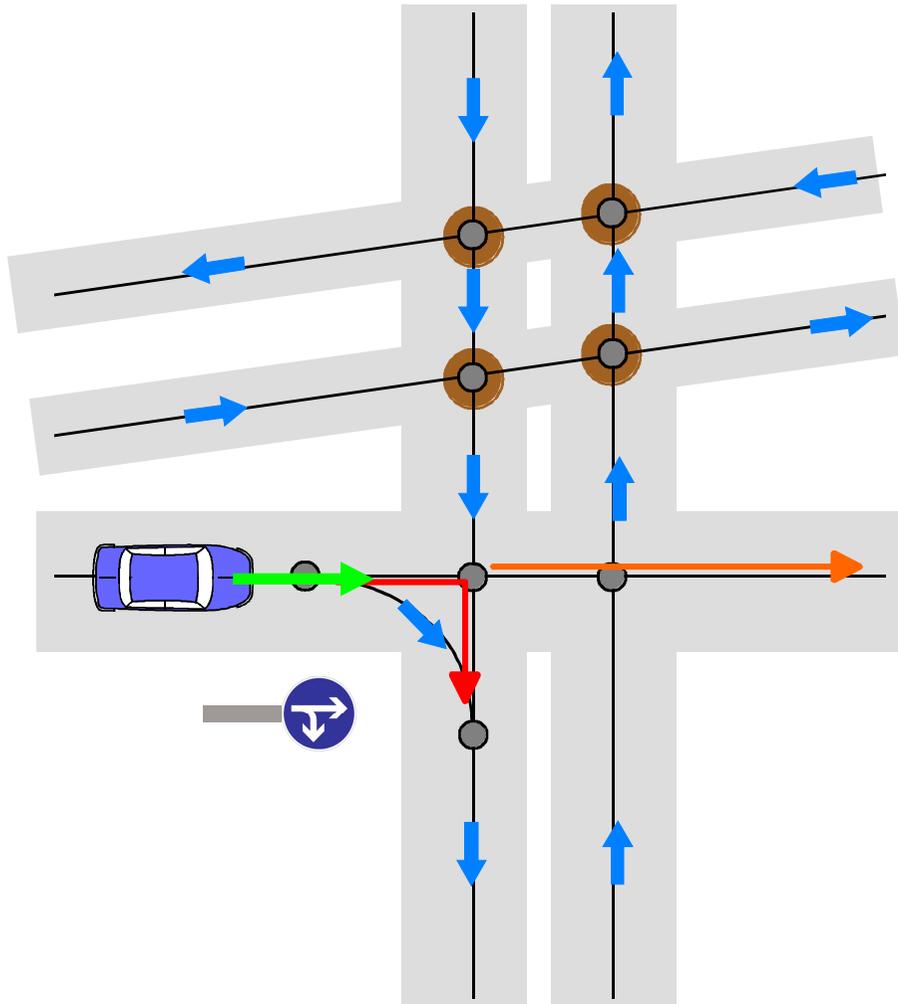
TSSG



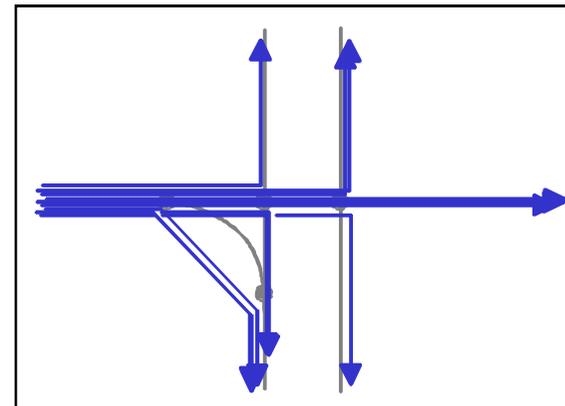
# Mobilität

## Digitale Straßenkarte

### Abbiegerelationen in GDF

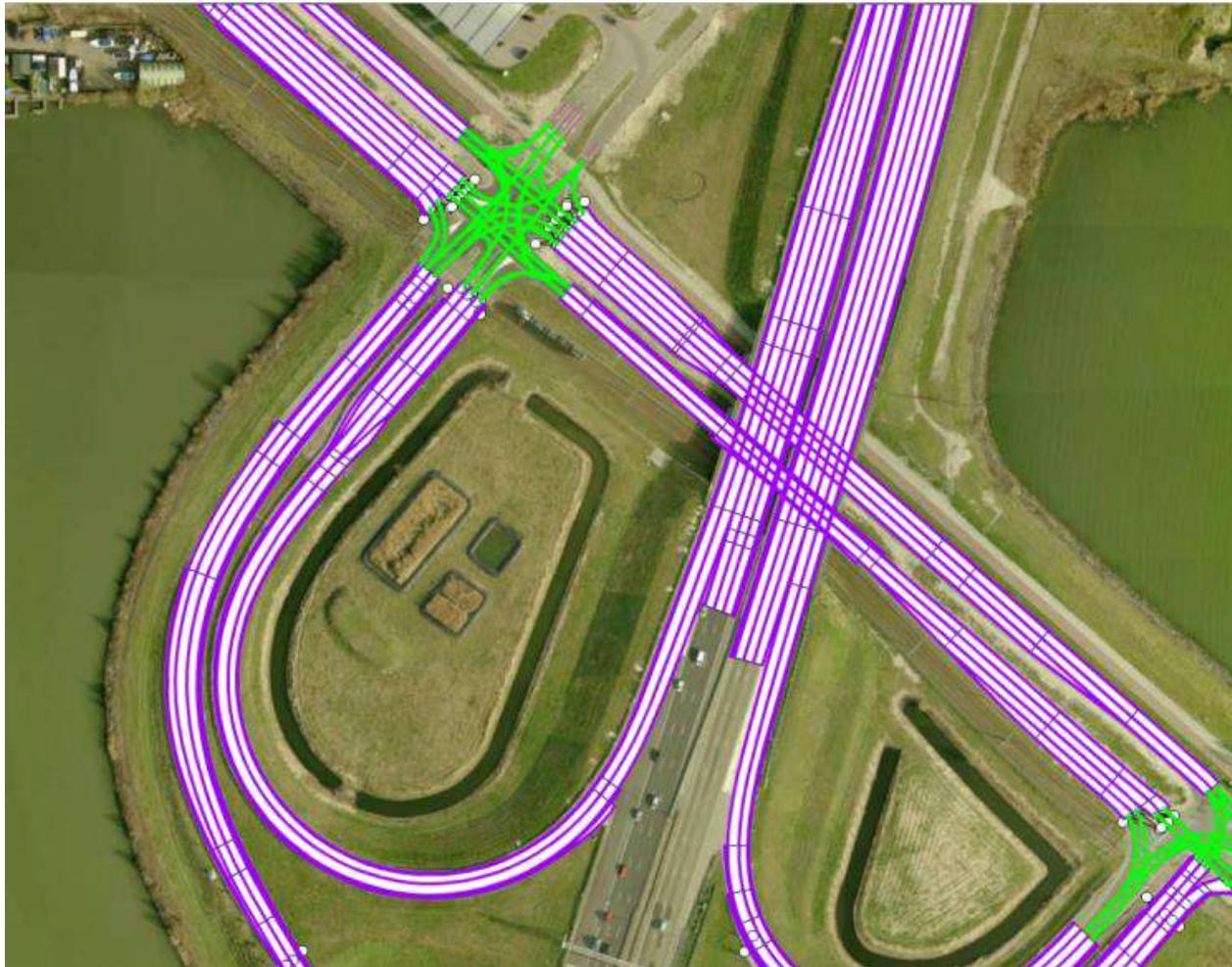


- **Topologische Verbindung**
  - Getrennte Überfahrt
- **Attributierung**
  - Richtung des Verkehrsflusses
- **Semantische Relationen**
  - Manöver
    - **Verbotenes Manöver**
    - **Beschränktes Manöver**



# Mobilität

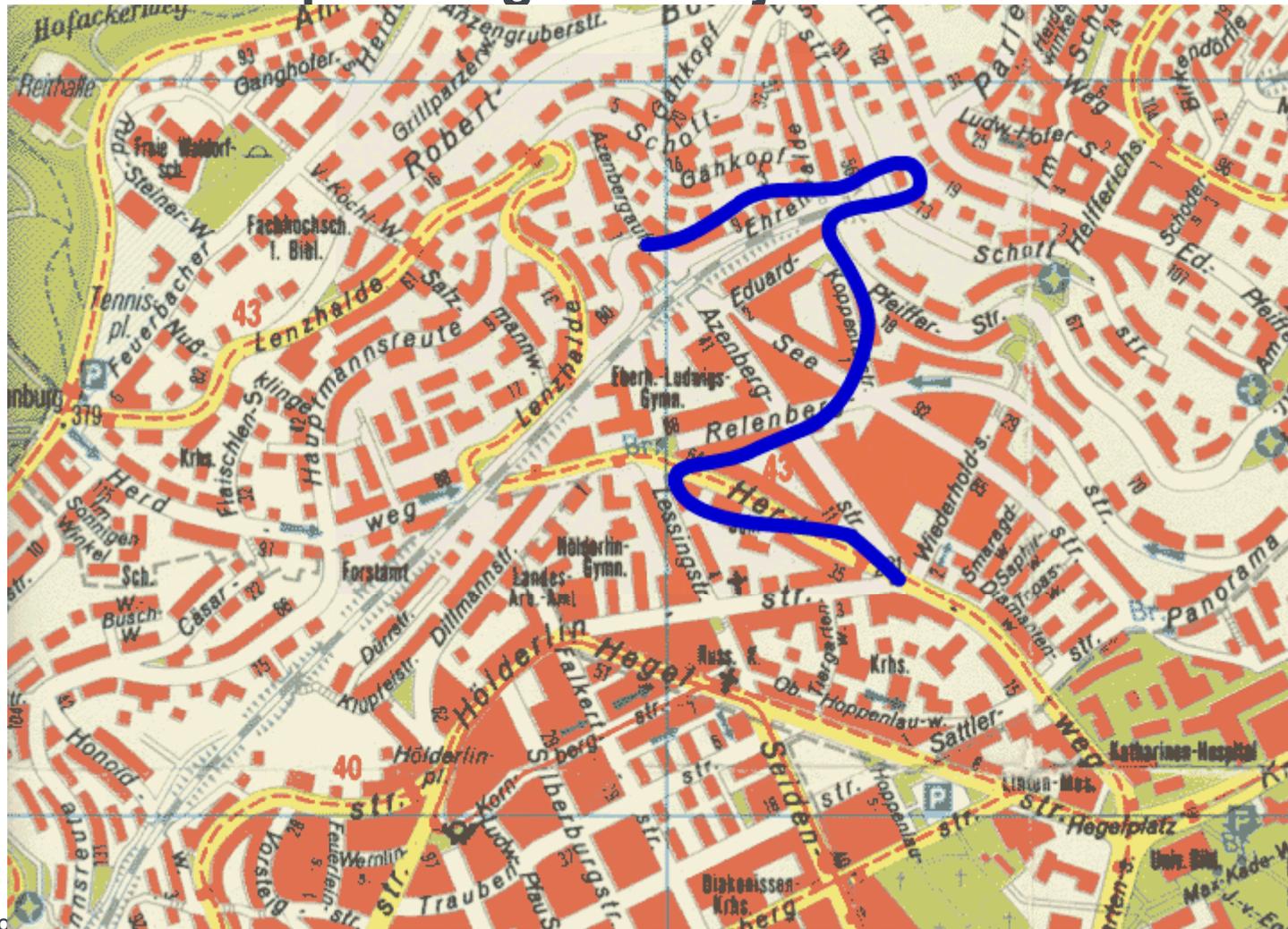
- Fahrspurgenaue Modellierung



# Mobilität

## Map Matching

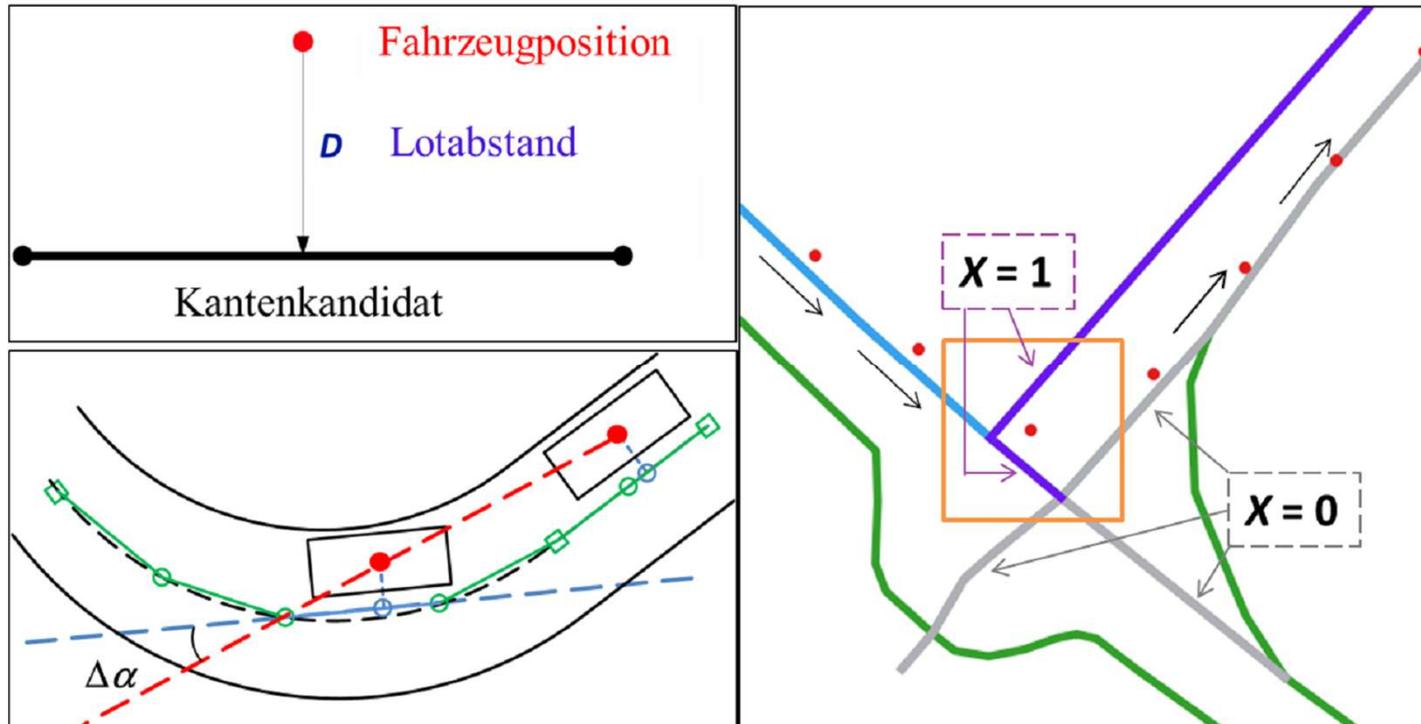
### Karteneinpassung von Trajektorien



# Mobilität

## Map Matching - Kriterien

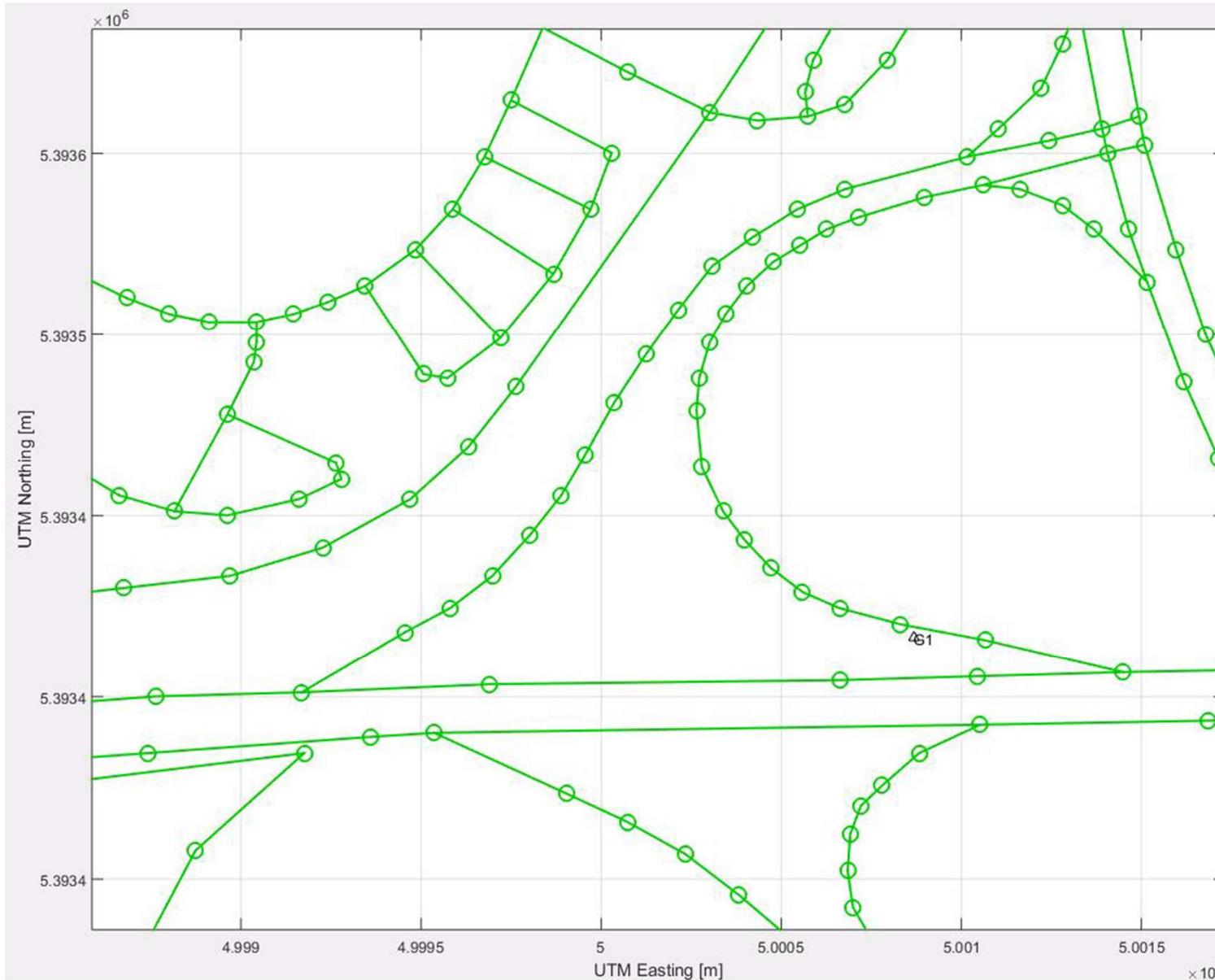
(1) kürzeste Distanz/Lotabstand:  $D$



(2) Differenz der Heading-Winkel:  $\Delta\alpha$  (3) Konnektivität:  $X$

# Mobilität

## Map Matching



# Mobilität

## Geisterfahrerdetektion



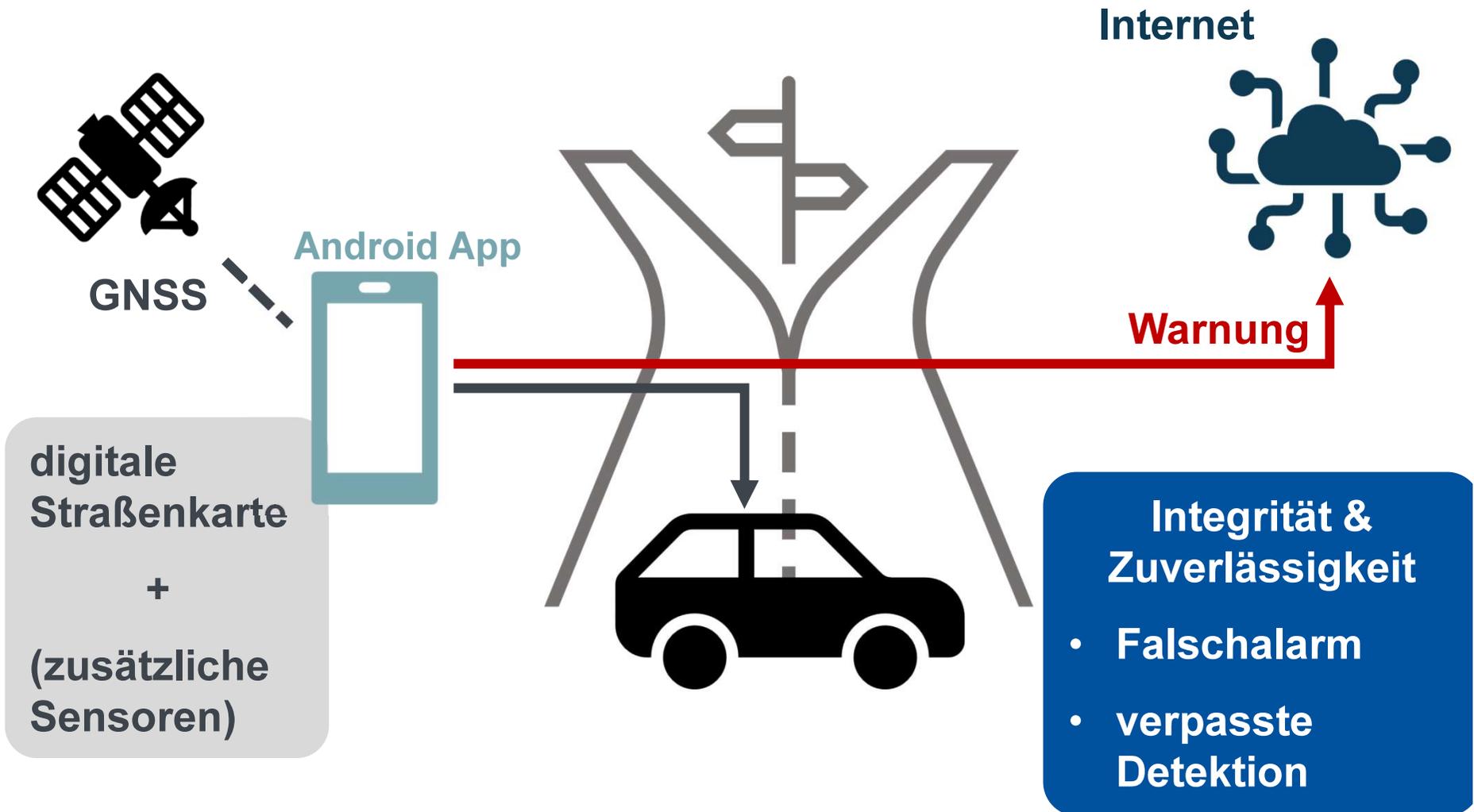
**– Geisterfahrer-Unfall in Nordthüringen Drei Menschen sterben bei Frontal-Crash auf der A38**

**20. Dezember 2022**

**Auf der sogenannten Südharzautobahn kam es zu einem schweren Unfall. Dabei fuhr ein PKW in die entgegengesetzte Richtung.**

# Mobilität

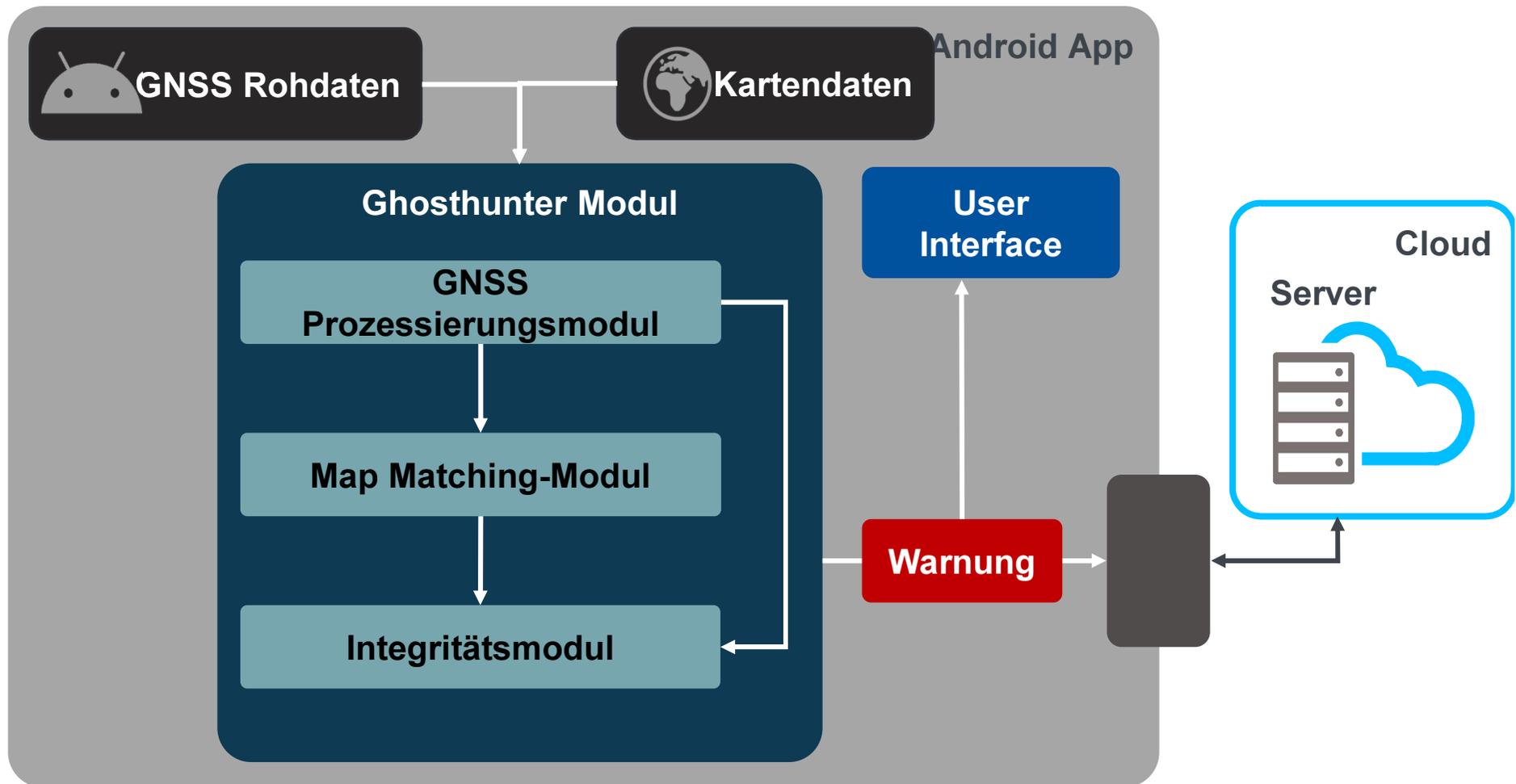
## Geisterfahrerdetektion



# Mobilität

## Geisterfahrerdetektion

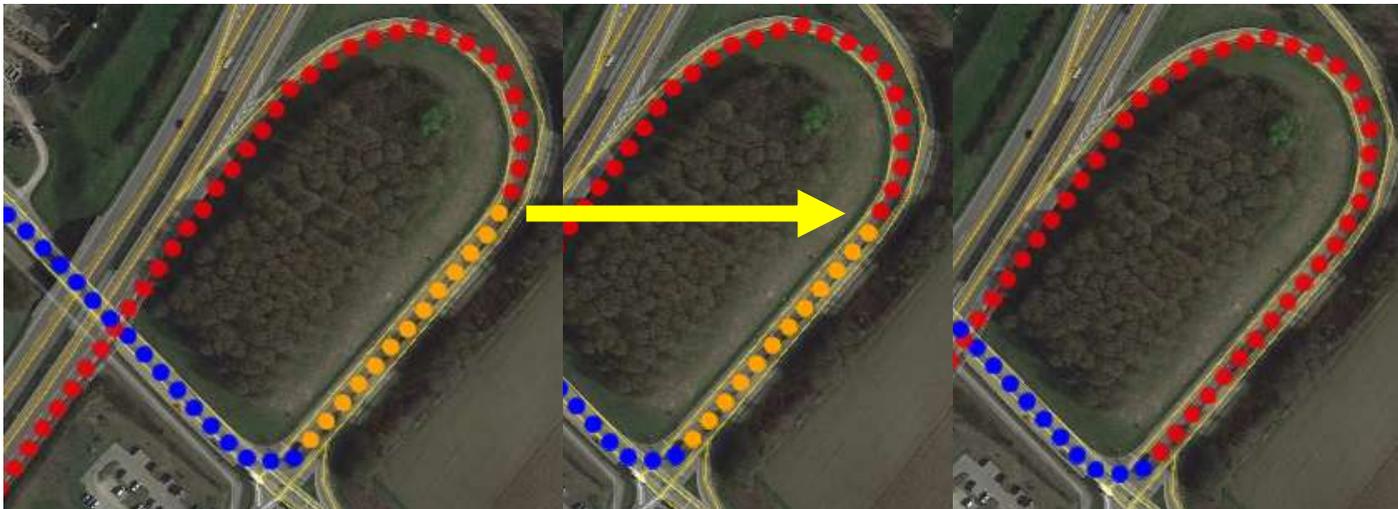
### App-Module



# Mobilität

## Geisterfahrerdetektion

### Simulation Autobahn-Anschlussstelle Empfingen A81



Standardabweichungen:

1,5 m (SBAS)

0,5 m (DGNSS)

0,02 m (RTK)

# Mobilität

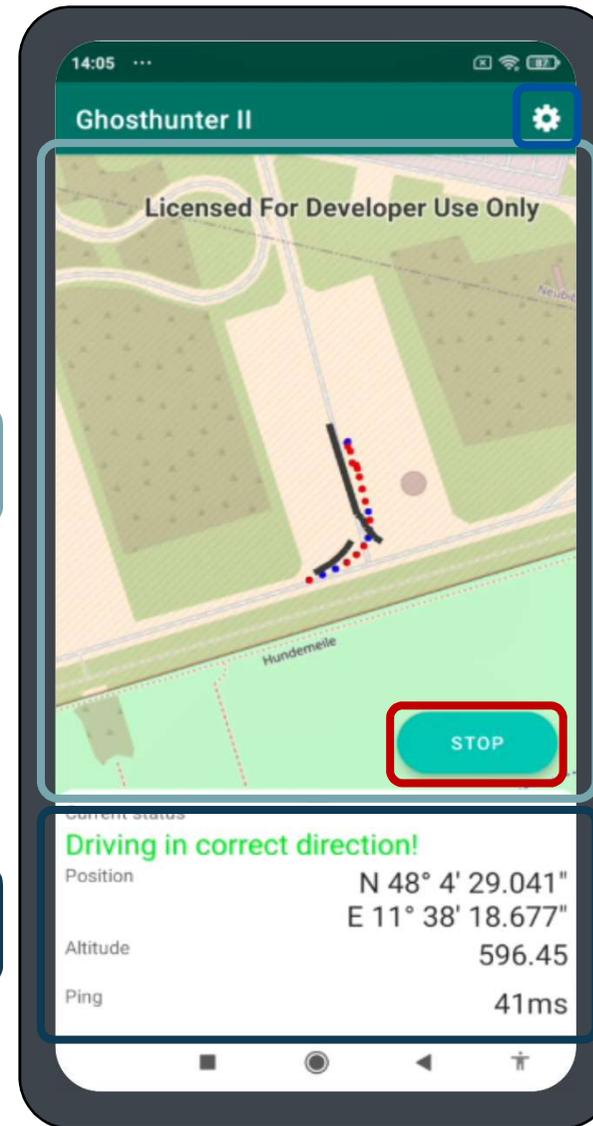
## Geisterfahrerdetektion

- Graphische Benutzeroberfläche (hauptsächlich für Entwicklung)

Kartenansicht mit aktueller Position

- Pop-Up Meldungen bei Anwendung im Hintergrund

Statusinformationen mit Positionsangabe



Einstellungen

Programmstart/-  
stopp

# **Baumaschinen- und Robotersteuerung**

# Baumaschinensteuerung

## Tachymeter



## GNSS

Quelle: Trimble

# Baumaschinensteuerung



Walze mit GNSS

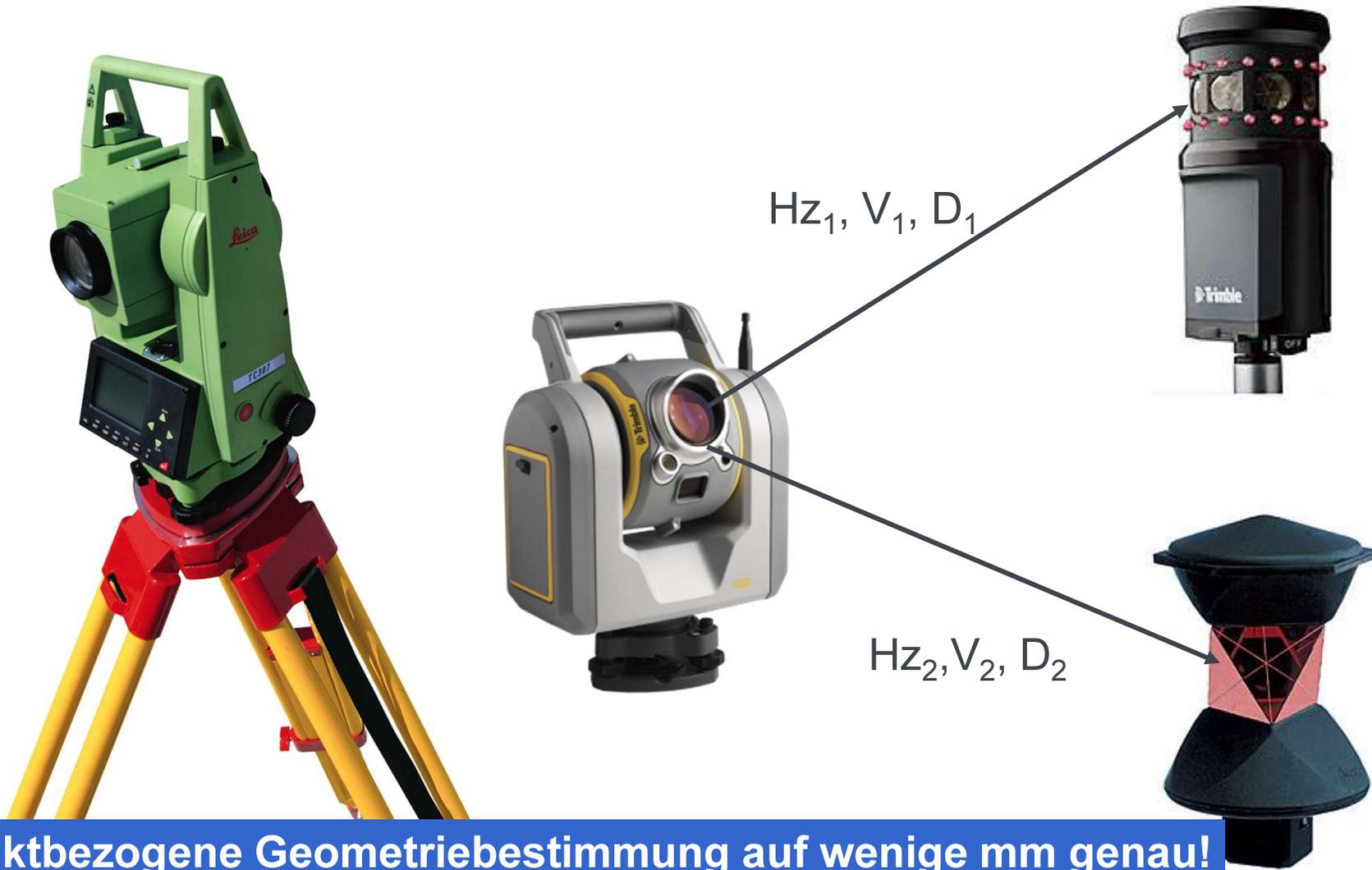
Quelle: Trimble

Bordsteinfertiger  
mittels Tachymeter

Quelle:  
Leica Geosystems

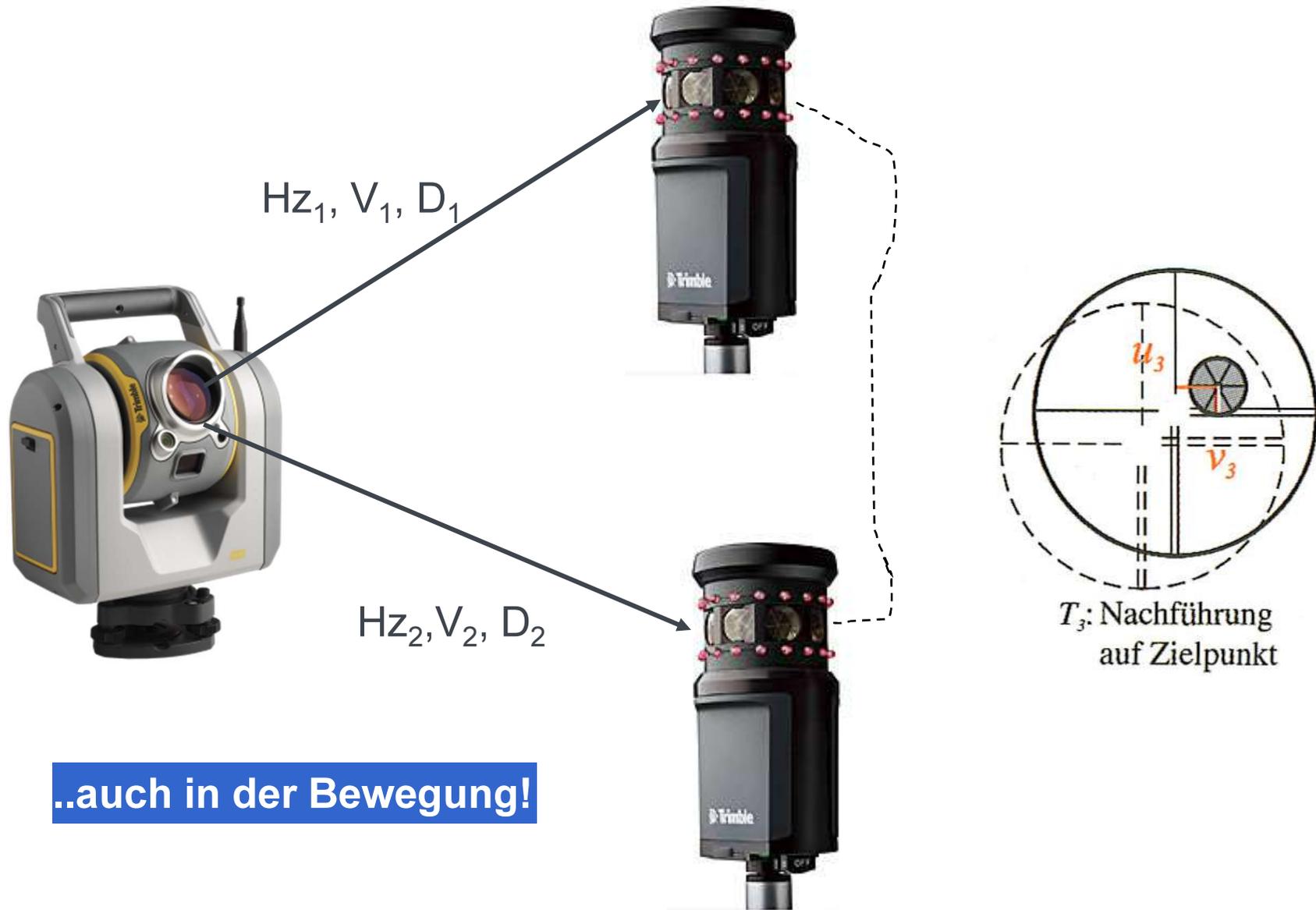


# Tachymeter



**Punktbezogene Geometriebestimmung auf wenige mm genau!**

# Tachymeter



**..auch in der Bewegung!**

# Robotersteuerung

RTS = Robotische Totalstation  
= Robottachymeter

- **Vorteile des RTS bei der Kranregelung**

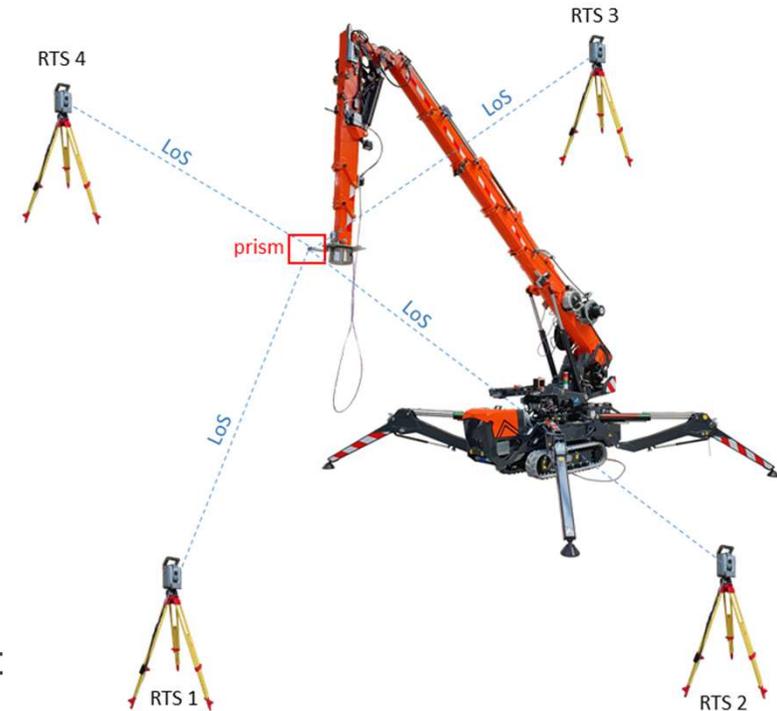
- Absolute statt relative Positionsbestimmung
- Hohe 3D Genauigkeit: < 3 mm
- Echtzeit Fähigkeit, Synchronisation notwendig
- In-door und out-door einsetzbar (seamless posit

- **Nachteile des RTS bei der Kranregelung**

- Unterbrechung der Sichtverbindung (LoS = Line of Sight) zwischen RTS und Ziel in dynamischer Bauumgebung

→ **Sicherheit auf der Baustelle gefährdet, da kein Feedback vorhanden**

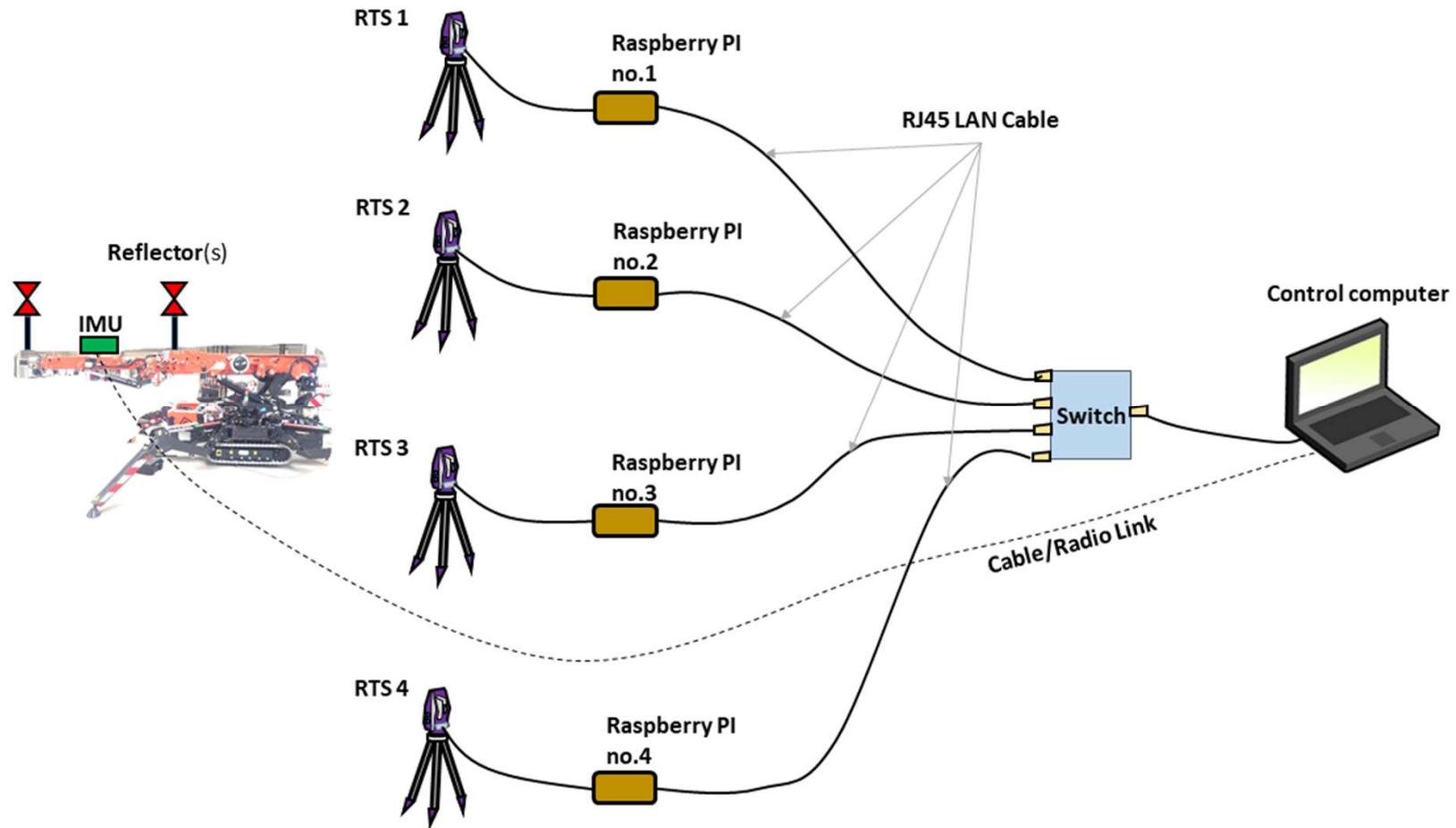
→ **RTS-N – Echtzeit Netz aus vier Tachymetern!**



# Robotersteuerung

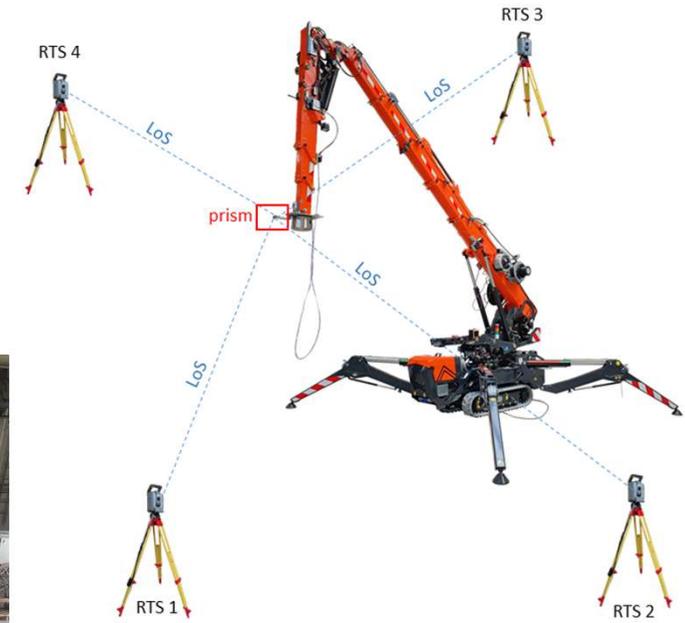
## Echtzeit Tachymeter Realisierung

### Hardware Konfiguration



# Robotersteuerung

## Testmessungen



Geometrie für alle

# Robotersteuerung

## Robotische Teilmontage und Positionsbestimmung

- *livMatS* Biomimetic Shell @ FIT in Freiburg
  - Erste bekannte praktische Umsetzung zur automatisierten on-site Montage eines Holzbauwerks
  - Entwicklung zweier robotischer Plattformen mit Endeffektoren
  - Plattform / Kran A nimmt die Kassetten auf und platziert sie dem Plan entsprechend
  - Plattform / Kran B schraubt die Kassetten zusammen



Photos: Institut für Systemdynamik (ISYS)

Lauer, A., Brenner, E., Stark, T., Klassen, S., Abolhasani, S., Schroth, L., Gienger, A., Wagner, H.-J., Schwieger, V., Menges,

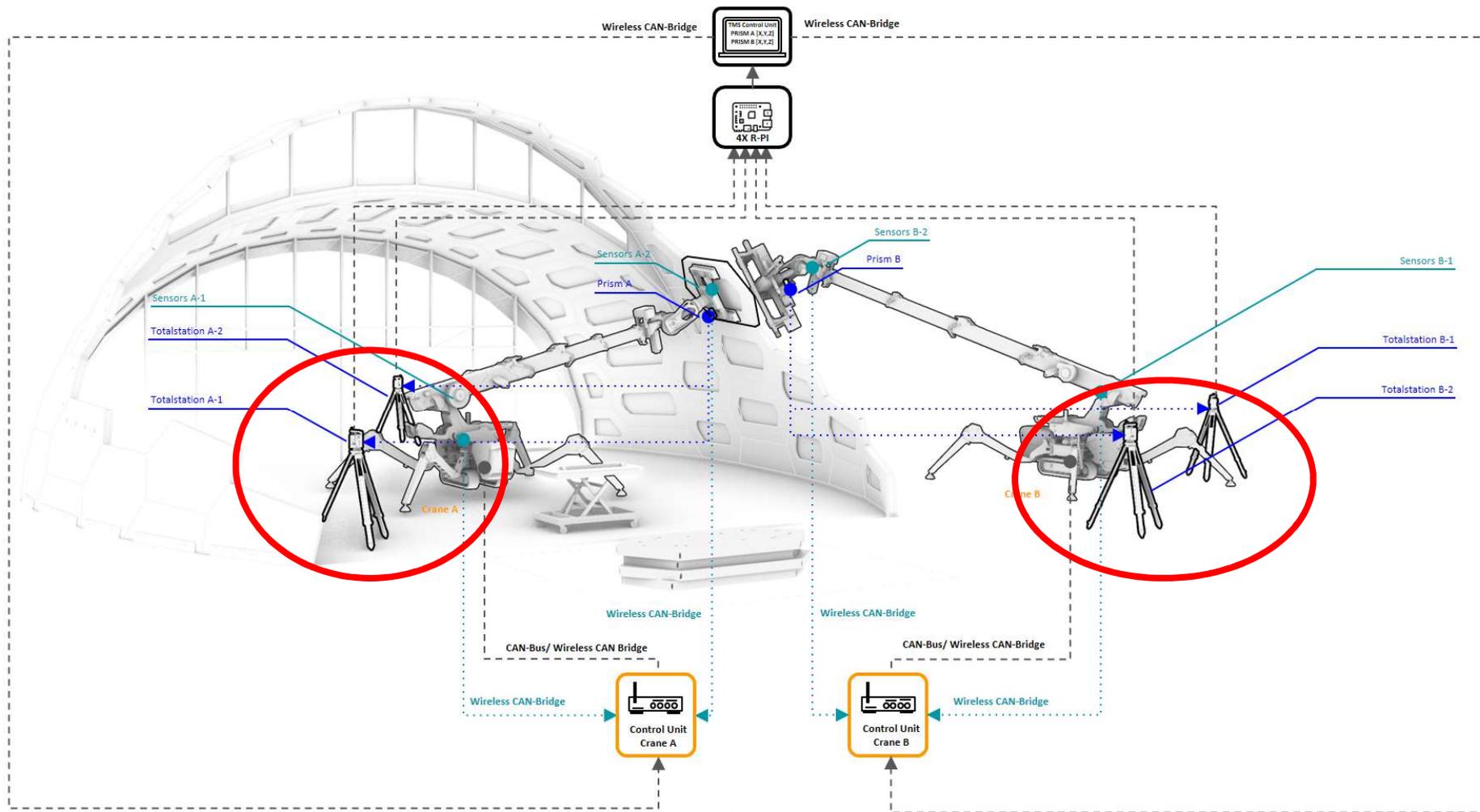
A, Sawodny, O (2023).: Automated on-site assembly of timber buildings on the example of a biomimetic shell. Automation in Construction.  
Geometrie für alle

15.02.2024

49

# Robotersteuerung

## Robotische Teilmontage und Positionsbestimmung

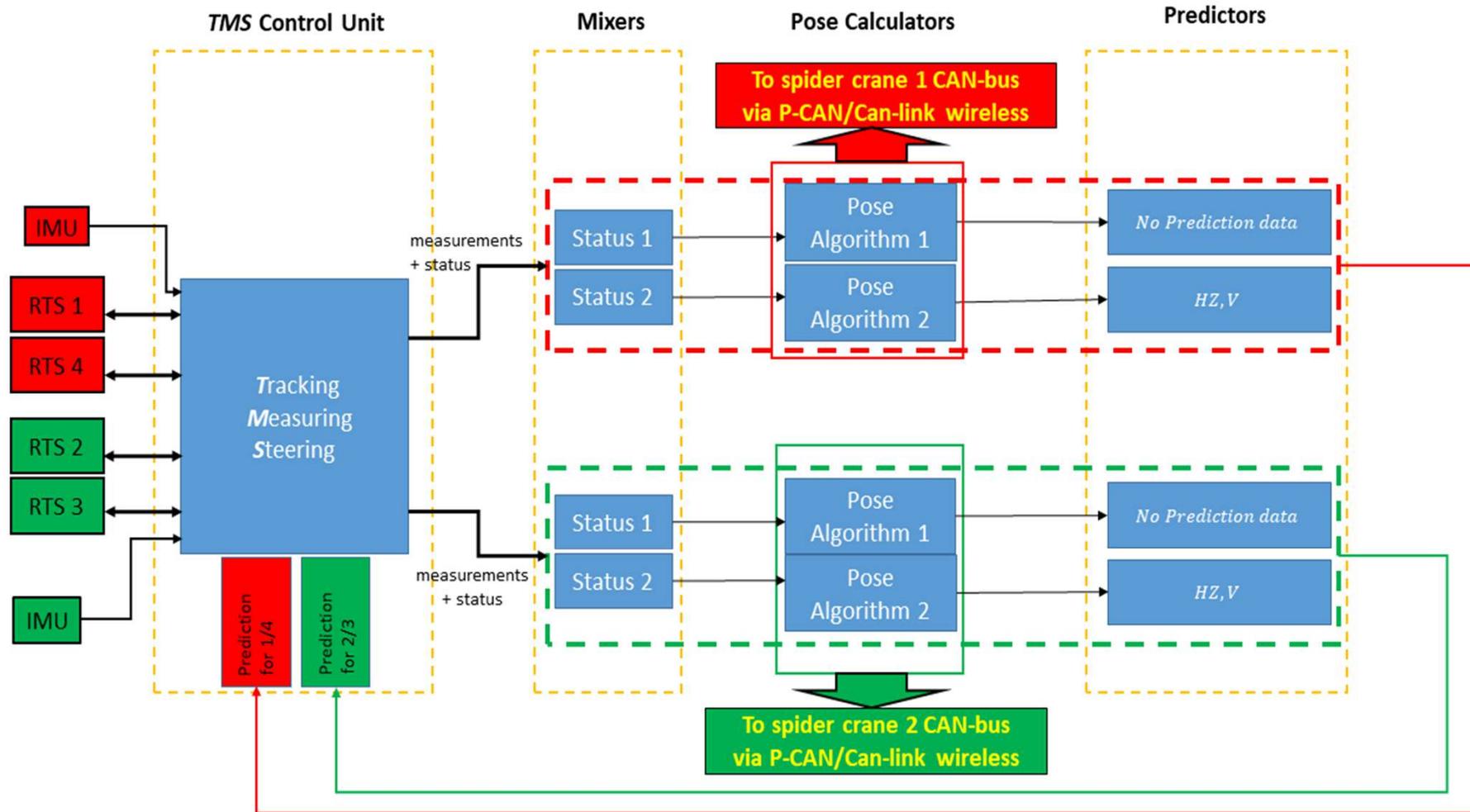


Schematische Skizze: Institut für Systemdynamik (ISYS)

## Geodäsie-Anteil: Robottachymeternetz

# Robotersteuerung

## Positionsbestimmung durch Echtzeit-Tachymeter-Netz für beide Roboter



# **Geodäsie und Geoinformatik**

# Geodäsie und Geoinformatik B.Sc.

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester	5. Semester	6. Semester
Messtechnik I 9 LP	Statistik & Fehlerlehre 6 LP	Referenzsysteme 6 LP	Ausgleichsrechnung 9 LP	Photogrammetrische Bildverarbeitung 9 LP	Bachelorarbeit 12 LP
Einführung Geodäsie & Geoinformatik 6 LP	Informatik I & II 9 LP	Geoinformatik 9 LP	Landesvermessung 6 LP	Ingenieurgeodäsie 12 LP	
Experimentalphysik 12 LP		Messtechnik II 6 LP	Satellitengeodäsie 6 LP	Physikalische Geodäsie 6 LP	Fernerkundung und Bildanalyse 6 LP
Höhere Mathematik 1/2 & 3 27 LP			Navigation 6 LP	Schlüsselqualifikation V 3 LP	Integriertes Feldprojekt 6 LP
			Schlüsselqualifikation III 3 LP	Amtl. Vermessung und Stadtentwicklung 6 LP	

# Geodäsie und Geoinformatik M.Sc.

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
<b>Photogrammetrie</b> 9 LP	<b>Computer Vision &amp; Fernerkundung</b> 3 LP	<b>Projekt</b> 9 LP	<b>Masterarbeit</b> 30 LP
<b>Sensorik</b> 9 LP	<b>Navigation</b> 6 LP		
<b>Dynamische Systeme</b> 6 LP	<b>Wahlpflichtmodule</b> 21 LP	<b>Wahlpflichtmodule</b> 21 LP	
<b>Erdmessung</b> 9 LP			

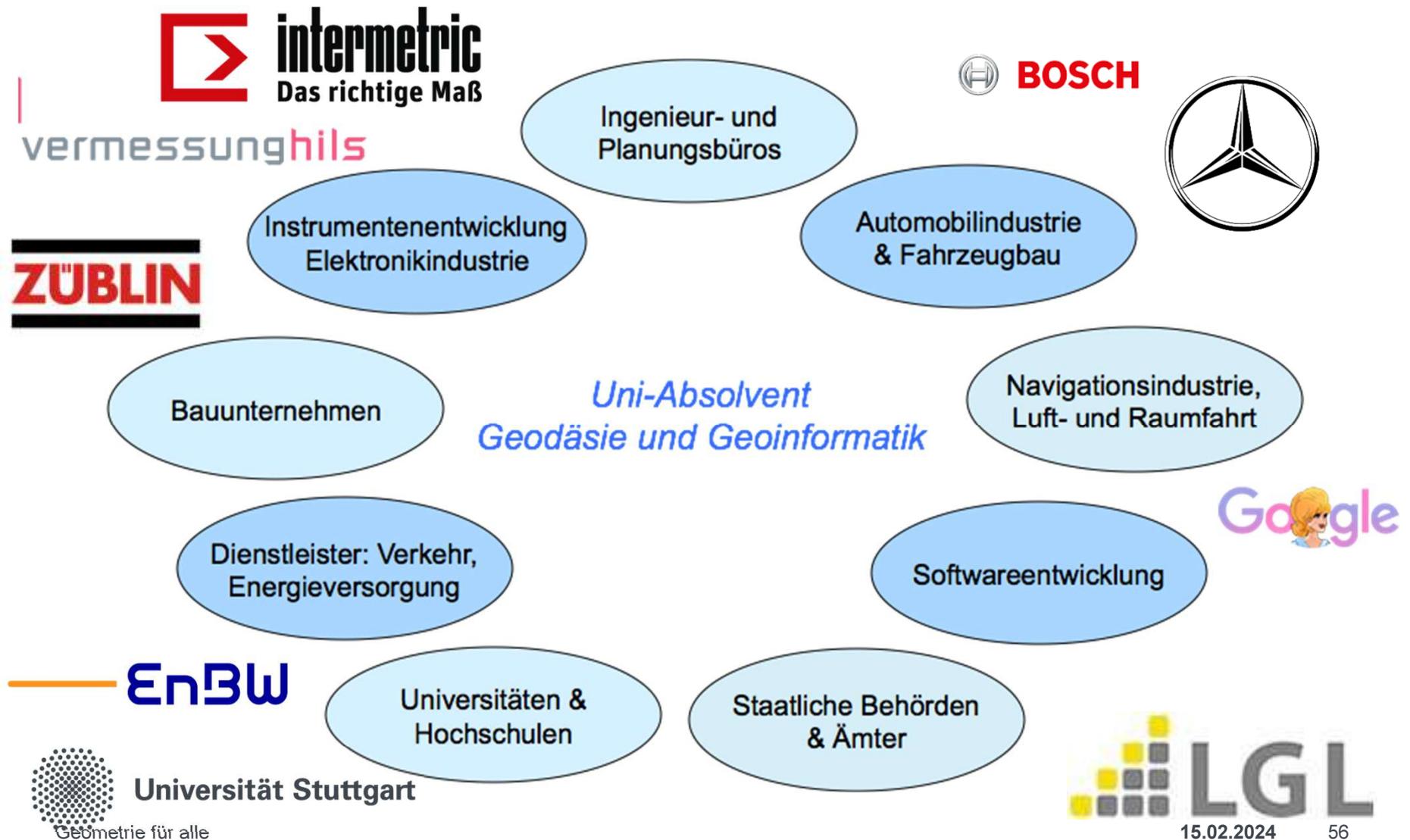
# Geodäsie und Geoinformatik

- Kein NC
- ..mit Mathematik, Physik und Informatik nicht fremdeln
- Breit gefächert
- International ausgerichtet und praxisbezogen
- Gute Betreuungsrelation (kleiner Studiengang)
- Praktika und Exkursionen
- Exzellente Berufsaussichten



# Geodäsie und Geoinformatik

## Exzellente Berufsaussichten





**Universität Stuttgart**  
Institut für Ingenieurgeodäsie

**Vielen Dank!**



**Volker Schwieger**

E-Mail [sekretariat@iigs.uni-stuttgart.de](mailto:sekretariat@iigs.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685-84041

[www.iigs.uni-stuttgart.de/](http://www.iigs.uni-stuttgart.de/)

Universität Stuttgart  
Institut für Ingenieurgeodäsie  
Geschwister-Scholl-Str. 24D  
70174 Stuttgart