

Kinematische Ortung für Landverkehrsanswendungen

ALLSAT OPEN

Dr.-Ing.habil. Volker Schwieger

**Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen
Universität Stuttgart**

Hannover, 16. Juni 2005

Gliederung

- 1. Motivation**
- 2. Integrierte Kraftfahrzeugortung**
- 3. Kartengestützte Schienenortung**
- 4. Kartengestützte Ortung für den Busverkehr**
- 5. Zusammenfassung**

1 Motivation

- **Verkehrsanwendungen benötigen häufig die Position eines mobilen Nutzers um**
 - den Nutzer zu informieren,
 - den Nutzer zu unterstützen oder
 - Behörden oder Dienstbetreiber zu informieren.

- **Drei typische Anwendungsbereiche werden für die Zukunft von Bedeutung sein:**
 - Location Based Services (LBS),
 - Advanced Driver Assistance Systems (ADAS),
 - Ortung für den öffentlichen Verkehr.

Motivation

Beispiel: Genauigkeitsforderungen an Fahrerassistenzsysteme

Quelle: F. Sansone (2004): *The Impact of forthcoming radio navigation system on ITS.*

	+/- 15 m	+/- 3 m	+/- 1-2 m	+/- 1 m
Geschwindigkeitswarner	X			
Abstands- und Geschwindigkeitsregeler		X		
Stop & Go Assistent			X	
Spurwechselassistent			X	
Kollisionsvermeider				X
Autonomes Fahren				X

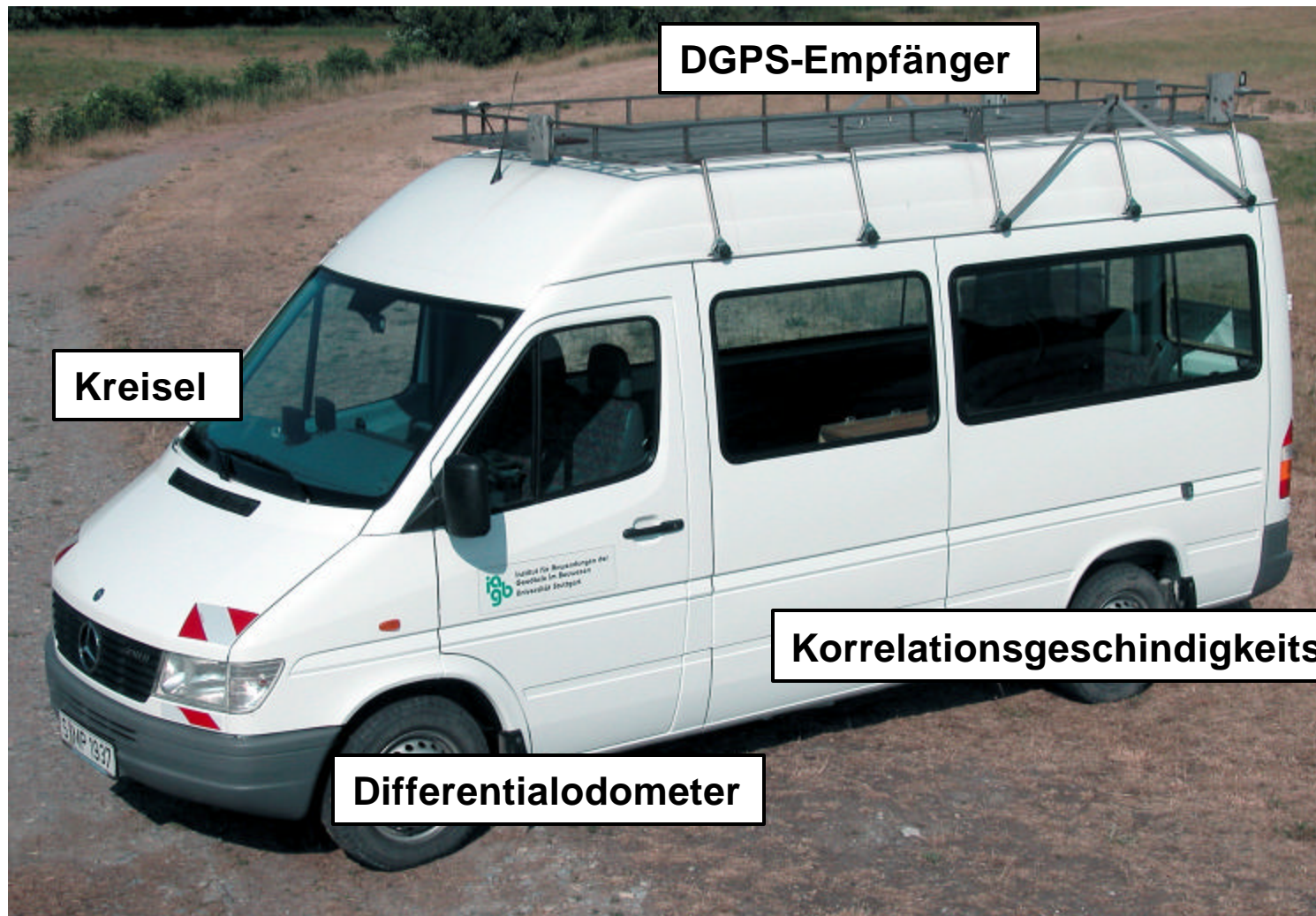
Massenmarktanwendungen \Rightarrow **Low-Cost Sensoren !**

2 Integrierte Kraftfahrzeugortung

Ziele

- **Positionsbestimmung ohne Kartenunterstützung**
- **Sensoren der Fahrsicherheitstechnik (ABS, ESP) ergänzt um Low-Cost Sensoren**
- **Spurgenaue Ortung**
- **Hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit**
- **Positionsbestimmung in Echtzeit**

Messfahrzeug



Multisensorsystem

Sensor	Messdaten	Auflösung	Genauigkeit
GPS-Empfänger	j, l, h bzw. Y, X	< 1 m	1 – 3 m
Radsensoren	D_s, D_a	2 mm, 0,1 gon	0,4 %
Korr.geschw.sensor	D_s	1,9 mm	0,1 %
Kreisel	D_a	0,2°/s	0,3°/s



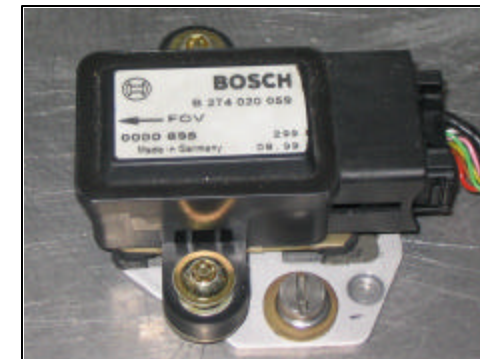
GPS-Empfänger
(absoluter Sensor)

Radsensor
(relativer Sensor)

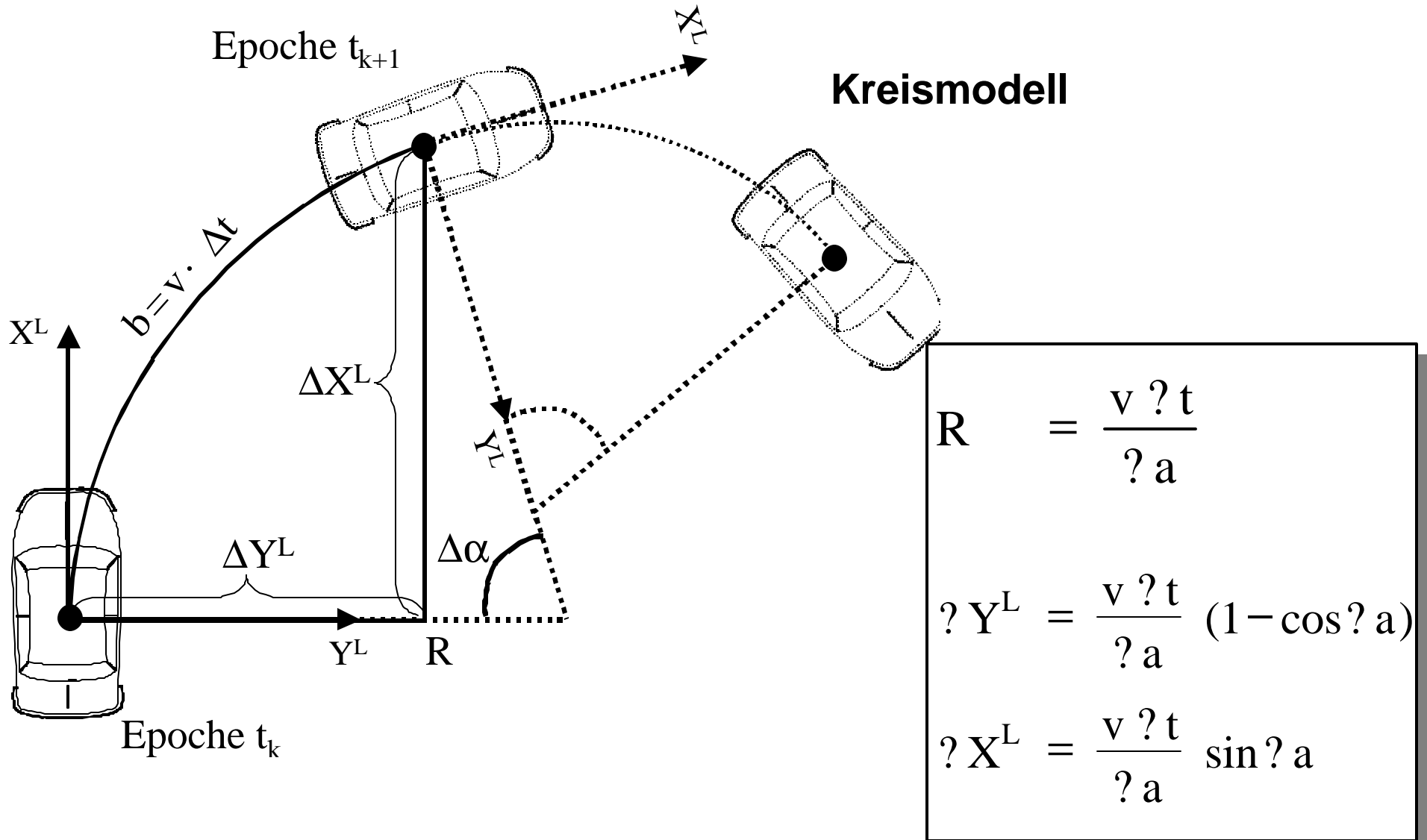


Korr.geschw.-sensor
(relativer Sensor)

Drehratensensor
(relativer Sensor)

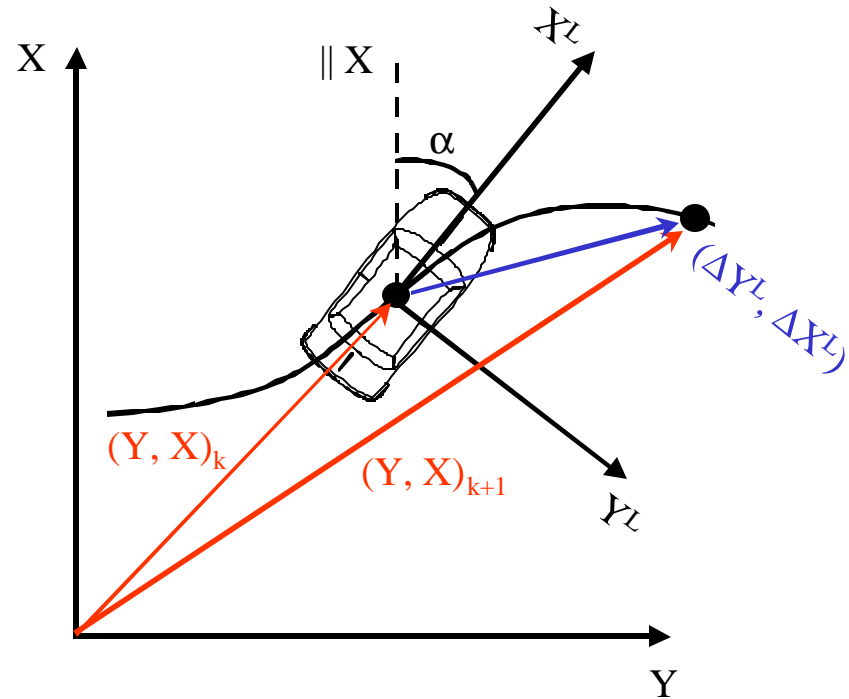


Integrierte Ortung mittels Kalman Filter



Integrierte Ortung

Transformation
in das globale System



$$\begin{pmatrix} Y_{k+1} \\ X_{k+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_k \\ X_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \mathbf{a} & \sin \mathbf{a} \\ -\sin \mathbf{a} & \cos \mathbf{a} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ? Y^L \\ ? X^L \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} Y_{k+1} \\ X_{k+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_k \\ X_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \mathbf{a}_k & \sin \mathbf{a}_k \\ -\sin \mathbf{a}_k & \cos \mathbf{a}_k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{v_k \Delta t}{\Delta \mathbf{a}_{k+1}} (1 - \cos \Delta \mathbf{a}_{k+1}) \\ \frac{v_k \Delta t}{\Delta \mathbf{a}_{k+1}} \sin \Delta \mathbf{a}_{k+1} \end{pmatrix}$$

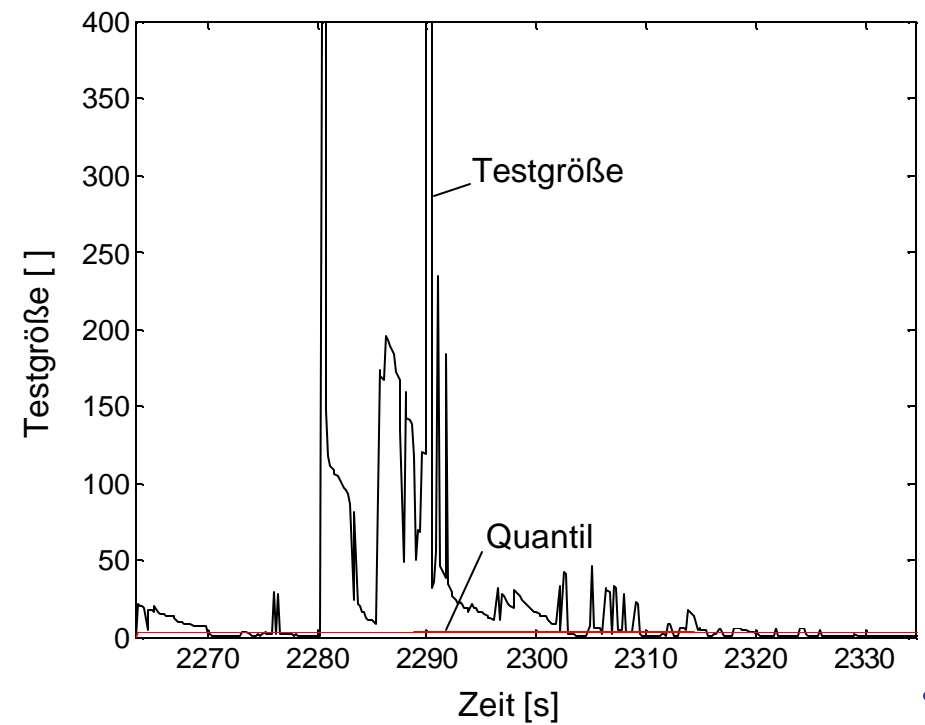
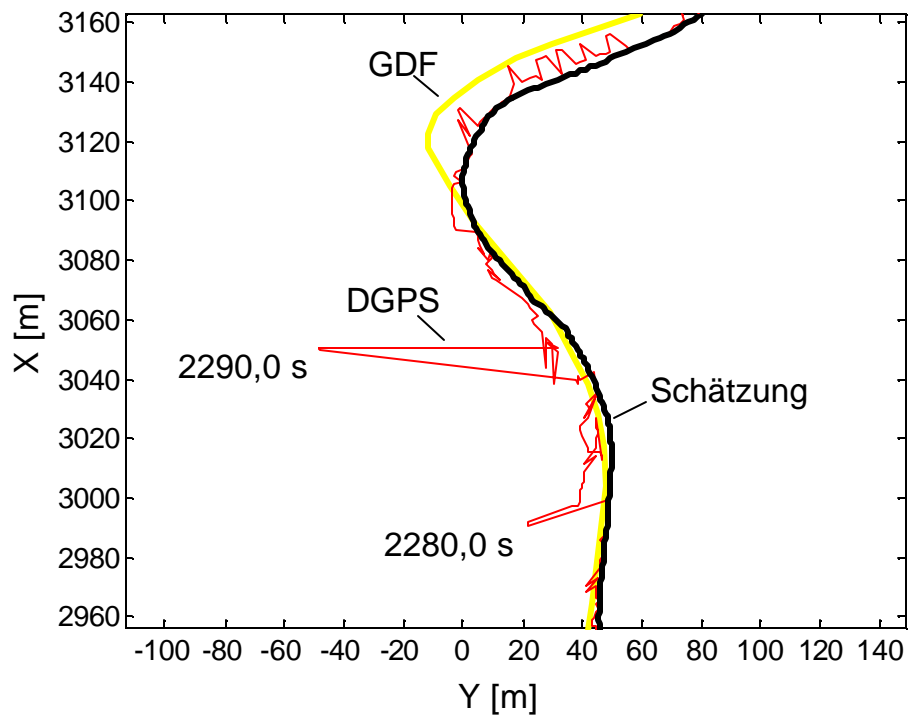
$$\mathbf{a}_{k+1} = \mathbf{a}_k + \Delta \mathbf{a}_{k+1}$$

$$v_{k+1} = v_k$$

Messgröße als Stellgröße

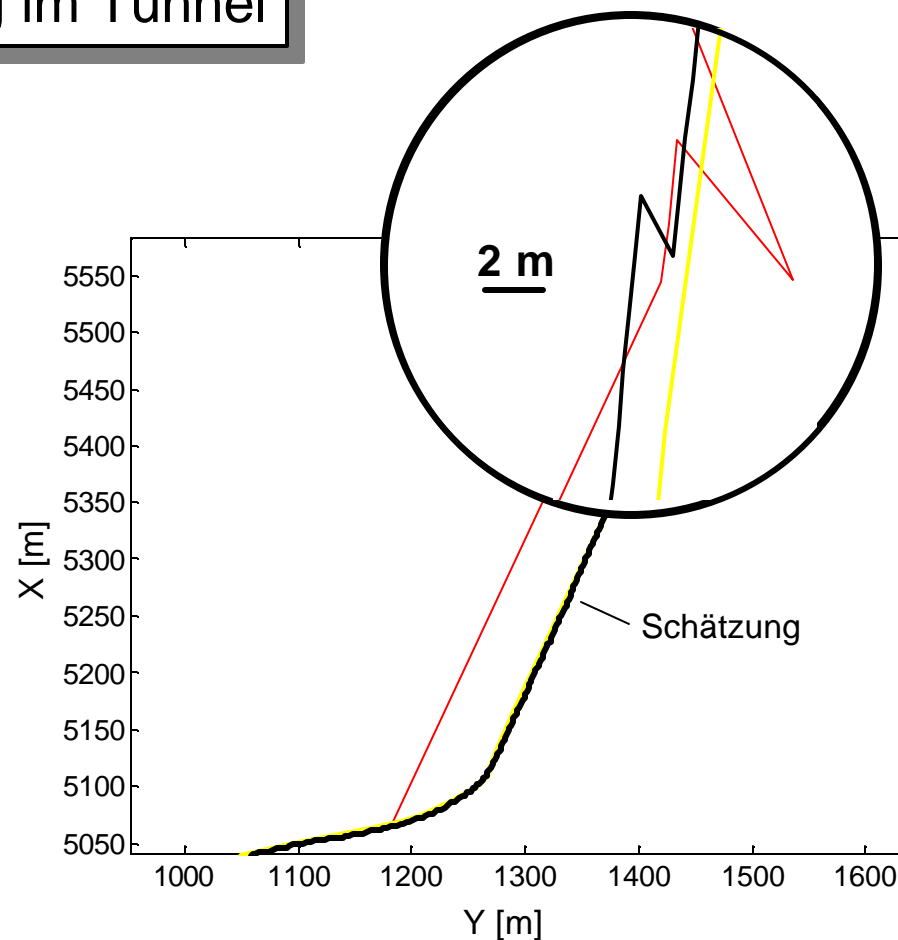
Exemplarische Untersuchungen

Erkennung von DGPS Signalen schlechter Qualität



Exemplarische Untersuchungen

Gute Koppelortung im Tunnel



Ergebnisse der integrierten Ortung

- **Kreiseldrehrate bzw. Orientierungsänderung als Stellgröße**
- **Innere Genauigkeit: < 1 m Standardabweichung**
- **Äußere Genauigkeit: ca. 2 m Standardabweichung**
- **100 % Verfügbarkeit der Position für die Testfahrten; Probleme in Tunneln**

3 Kartengestützte Schienenortung

Anwendungen:

Flottenmanagement und Fahrgastinformation



**Stuttgarter
Straßenbahnen**

- **Positionsbestimmung mittels Infrastruktur (Koppelspulen) ist kostenintensiv**
- **Genauigkeitsziel: ca. 0,1 m**
- **Positionsbestimmung mittels GPS nicht möglich**



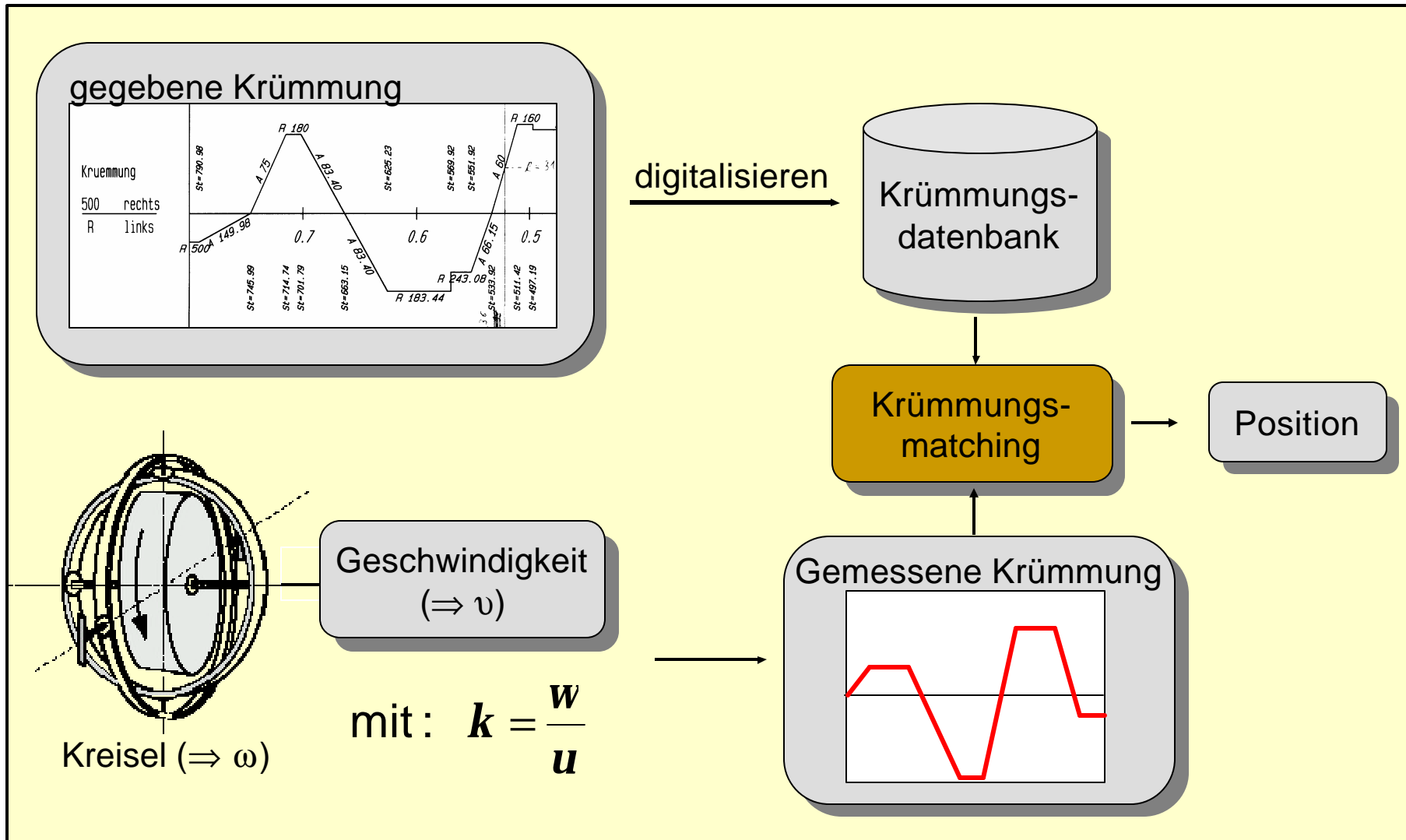
Multisensorsystem

Zwei alternative Koppelortungssysteme zur Kombination mit Map-Matching Algorithmen:

- **Geringe Genauigkeit (Low-Cost Sensoren)**
- **Hohe Genauigkeit (Referenzsensoren)**

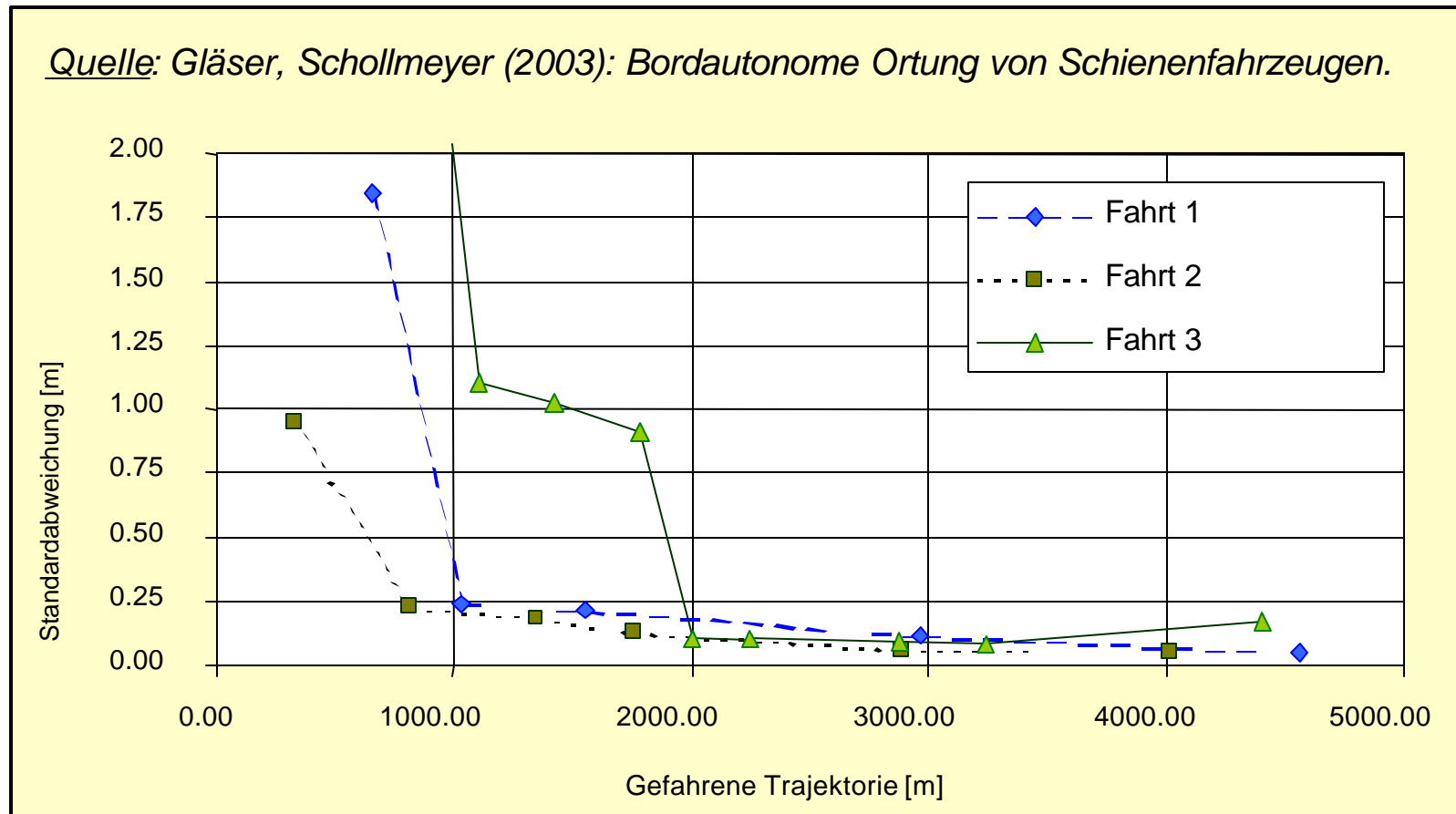
Sensoren	Messdaten	Auflösung	Genauigkeit
Low-Cost			
Geschwindigkeit	<i>Ds</i>	0,5 km/h	2 %
EPS - Kreisel	<i>Da</i>	0,2 °/s	0,3 °/s
Hohe Genauigkeit			
Korr.geschw.sensor	<i>Ds</i>	1,9 mm	0,1 %
Kreisel Litef 4	<i>Da</i>	0,012 °/s	0,012 °/s

Prinzip des Krümmungsmatching



Innere Genauigkeit

Einpassgenauigkeit der gemessenen Trajektorie in die digitalisierte Trajektorie mittels Krümmungsmatching

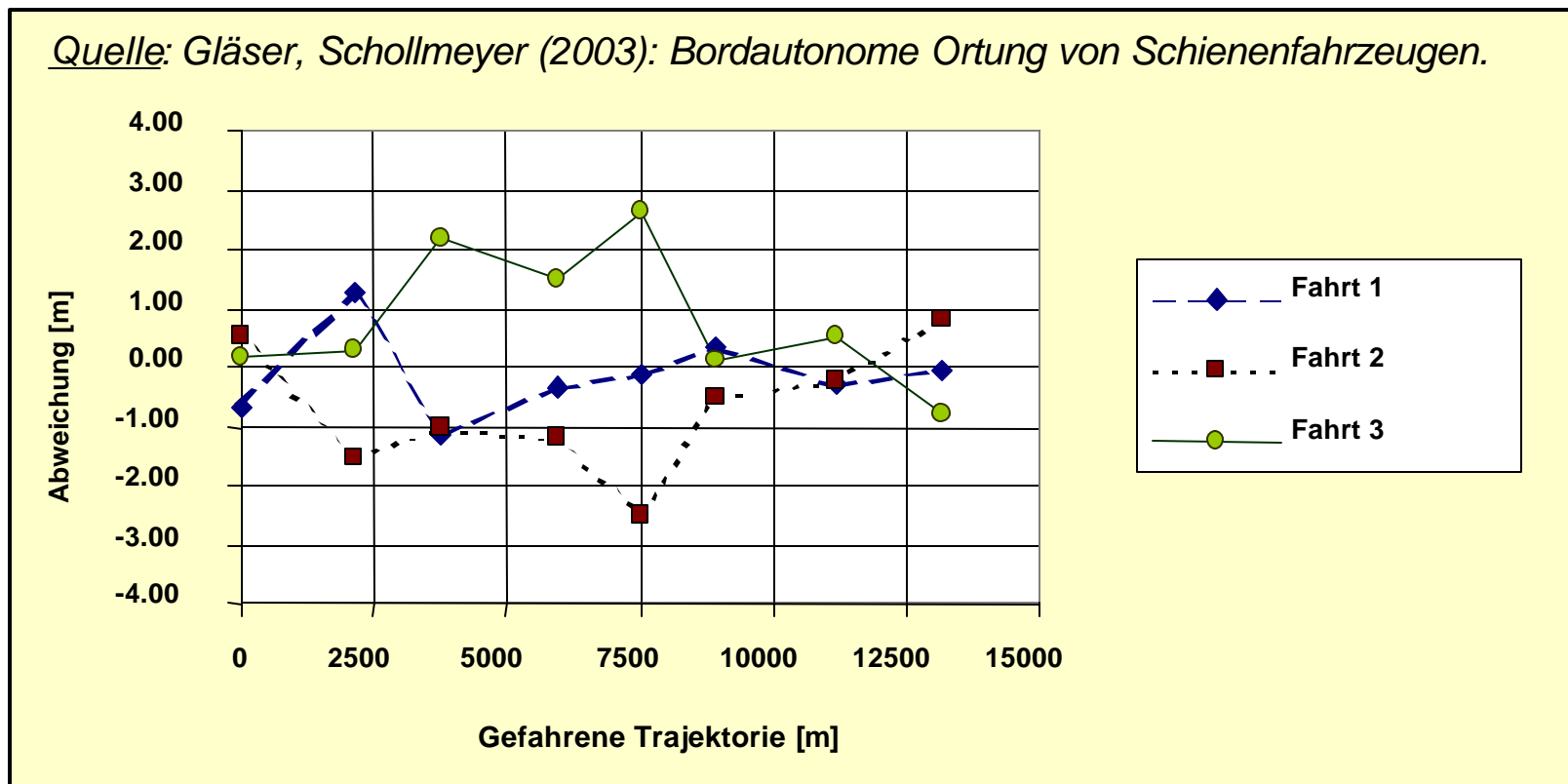


nach zwei Kurven: < 0,25 m Standardabweichung

Äußere Genauigkeit

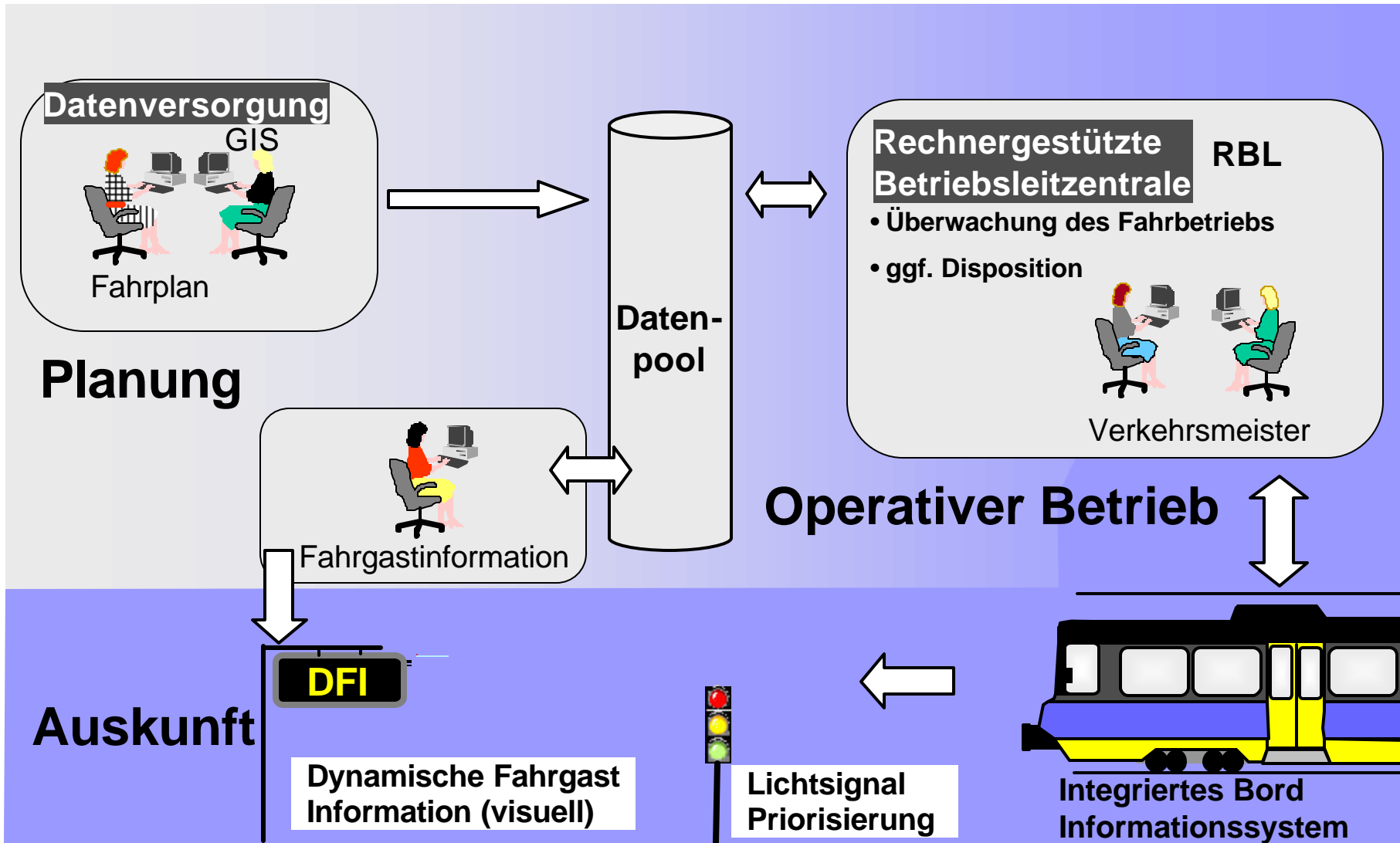
Maß für die Genauigkeit der Position in Relation zu bekannten Koordinaten

Koppelpulen als ortsfeste Referenzpositionen



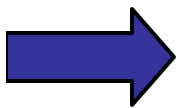
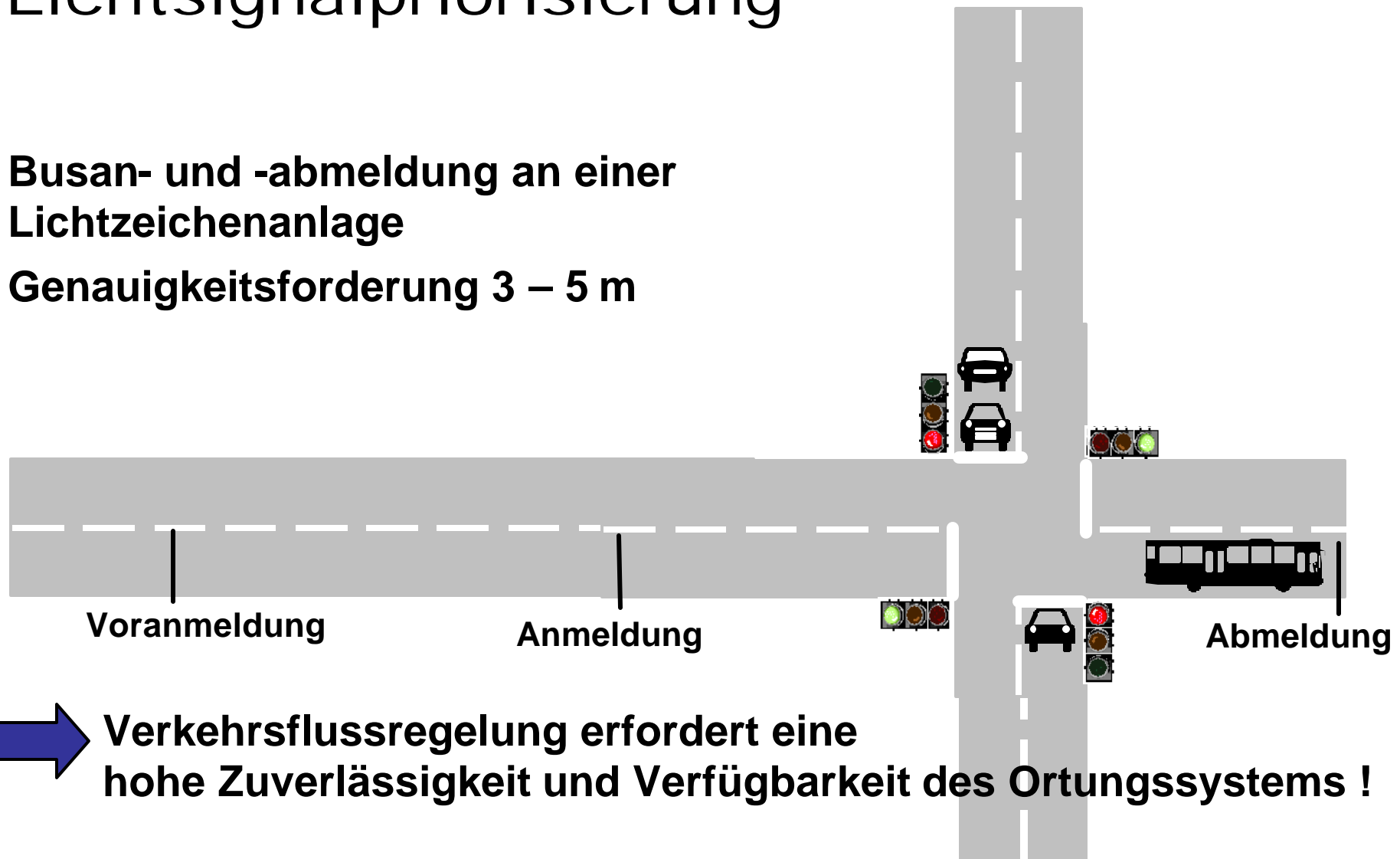
Positionsgenauigkeit: ca. 1,5 m mittlere Abweichung, unabhängig von Koppelortungssystem !

4 Kartengestützte Ortung für den Busverkehr



Beispiel: Positionsbestimmung zur Lichtsignalpriorisierung

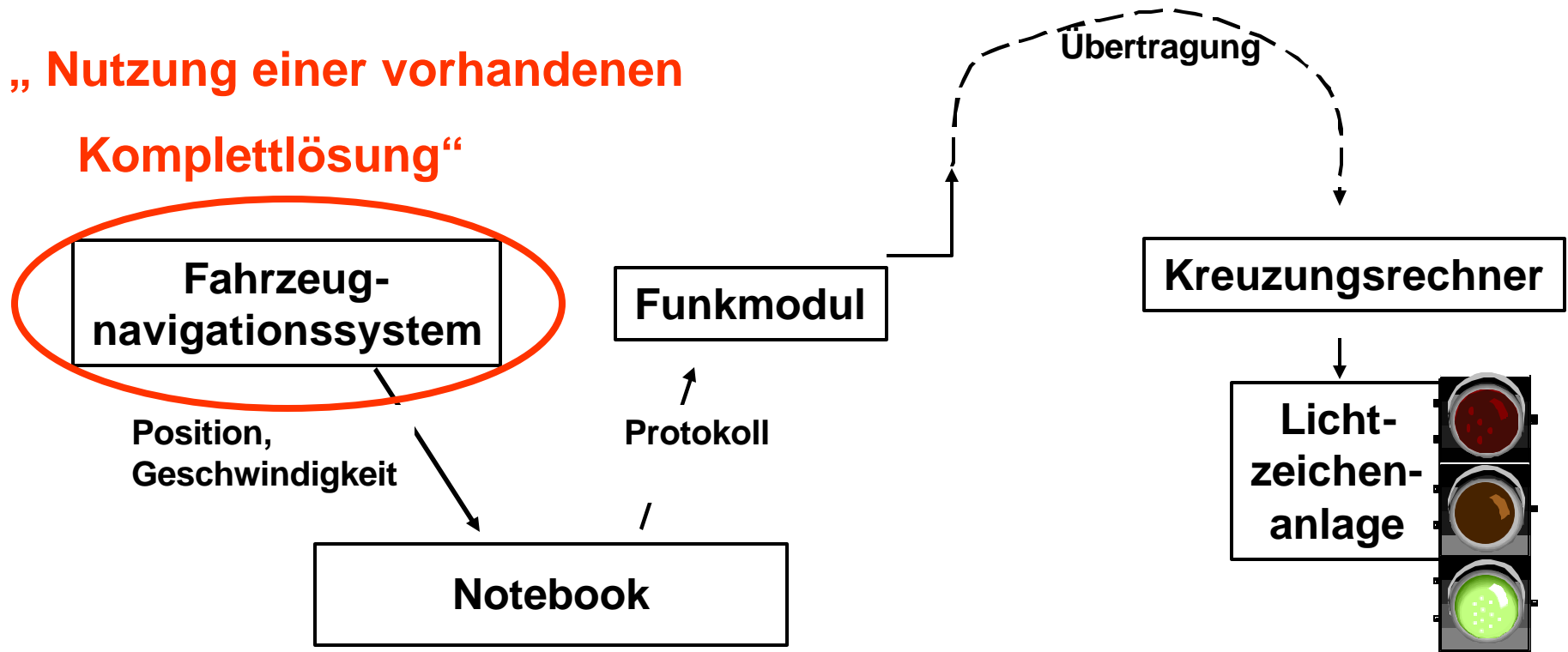
- Busan- und -abmeldung an einer Lichtzeichenanlage
- Genauigkeitsforderung 3 – 5 m



Verkehrsflussregelung erfordert eine hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Ortungssystems !

Aufbau des Demonstrators

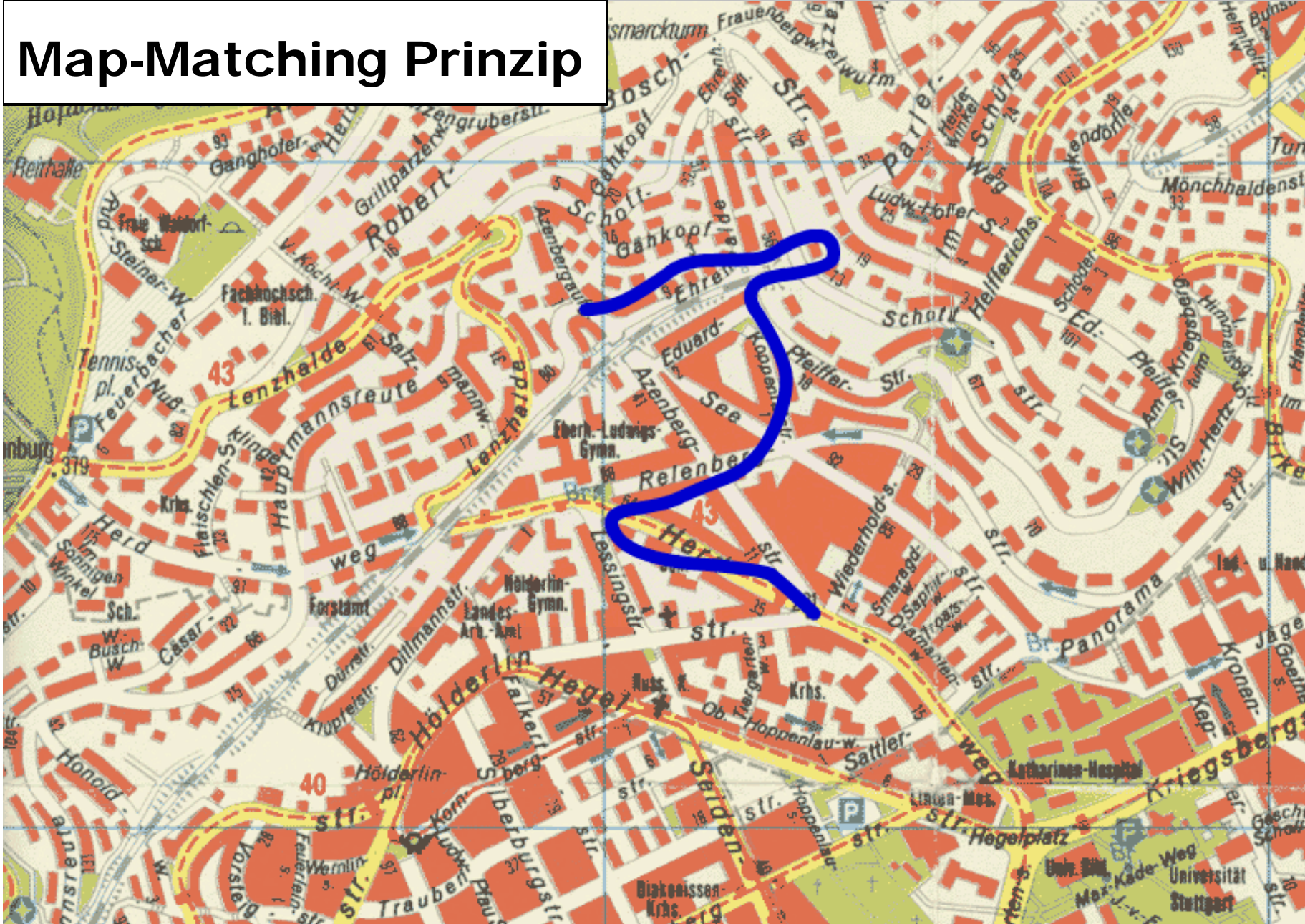
„Nutzung einer vorhandenen Komplettlösung“



**Map-Matching
Algorithmen !**

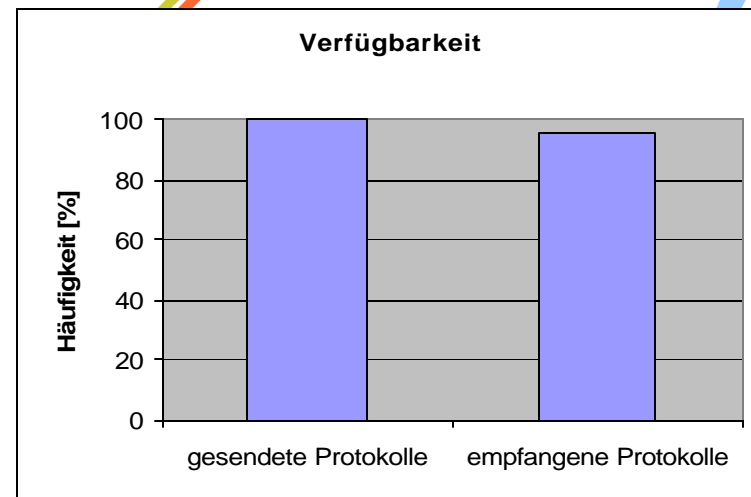
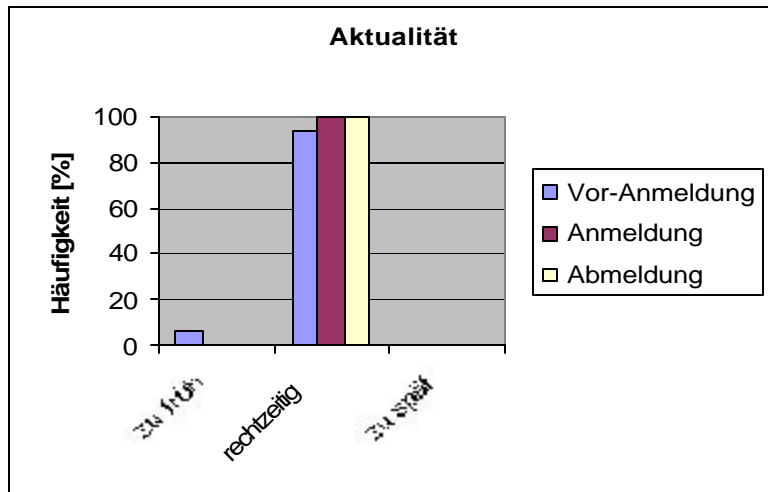


Map-Matching Prinzip



Ergebnisse für die Busortung

- Verifikation der Genauigkeit (4 m)
- Verifikation der Aktualität (100%)
- Verifikation der Verfügbarkeit (100%)



Quelle: Schollmeyer et al. (2004):

Autonomous map-based vehicle positioning for public transport prioritisation.

5 Zusammenfassung

- **Präsentation sehr unterschiedlicher Ansätze**
 - kartenunabhängig und
 - kartengestützt.
- **Geforderte Genauigkeit ist „in geodätischen Sinne“ gering**
- **Andere Qualitätsparameter gewinnen an Bedeutung**
- **Einsatz von kostengünstigen Komplettlösungen oder Multisensorsystemen erfolgreich**

So preisgünstig, wie möglich !

So genau, wie nötig !

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

KONTAKT:

Dr.-Ing.habil. Volker Schwieger

Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Möhlenbrink
Universität Stuttgart
Geschwister-Scholl-Str. 24 D
70174 Stuttgart

Phone: 0711/121-4064

Fax: 0711/121-4044

Email: volker.schwieger@iagb.uni-stuttgart.de