



Session: SATELLITENGESTÜTZTE ORTUNG

Einführungsvortrag: Grundlagen der satelliten- gestützten Ortung

Prof. Dr. –Ing. Oliver Michler

Lehrstuhl „Informationstechnik für Verkehrssysteme“



0 Lehr- und Forschungsprofil der Professur ITVS / TU Dresden

1 Ortungsanforderungen in der Verkehrstelematik

2 Genauigkeitsbeeinflussende Faktoren

3 Überblick über verfügbare GNSS-Systeme

4 Anwendungsdomänen in der Verkehrstelematik

5 Zusammenfassung und Ausblick

0 Lehr- und Forschungsprofil der Professur ITVS / TU Dresden

1 Ortungsanforderungen in der Verkehrstelematik

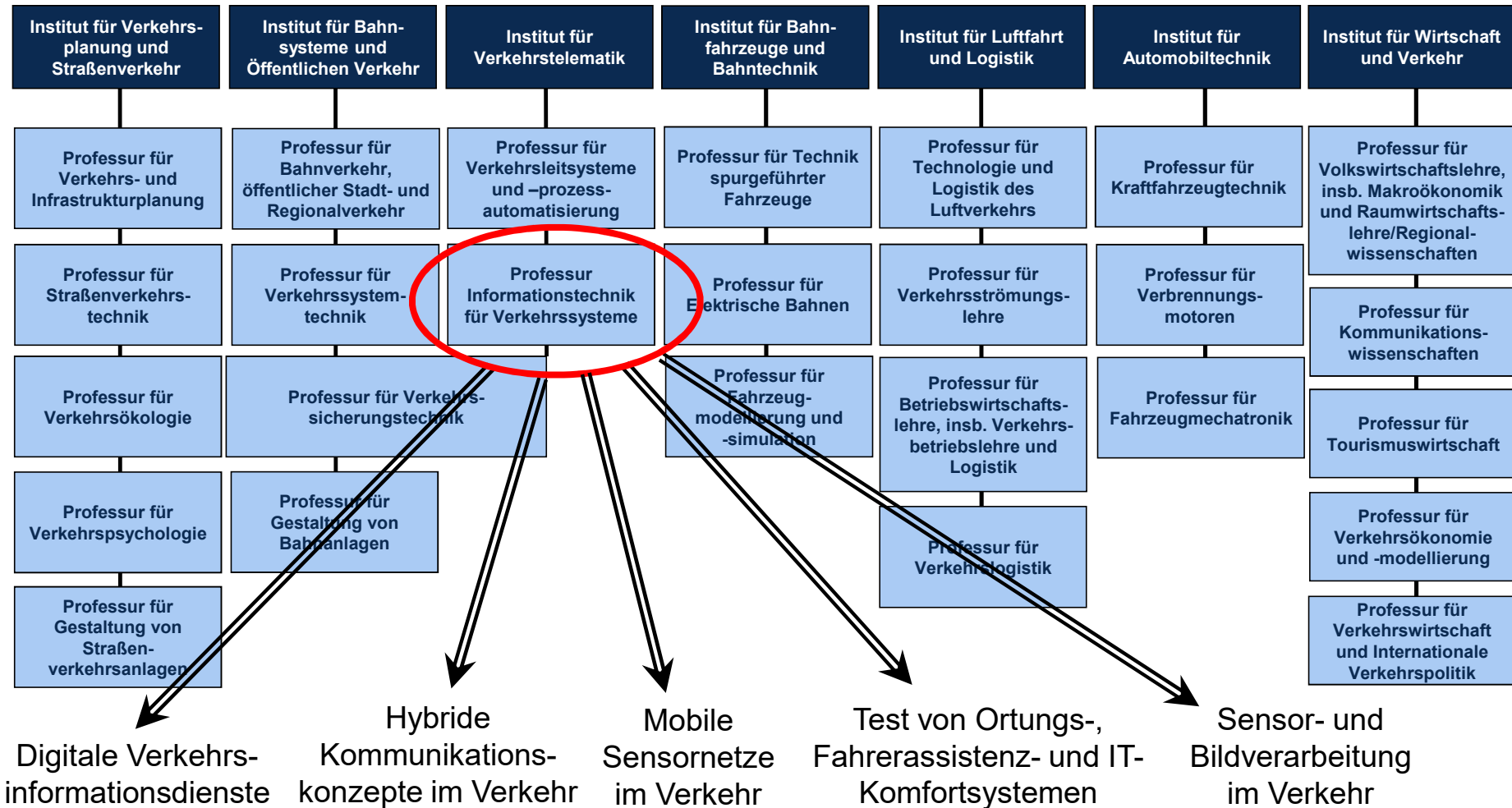
2 Genauigkeitsbeeinflussende Faktoren

3 Überblick über verfügbare GNSS-Systeme

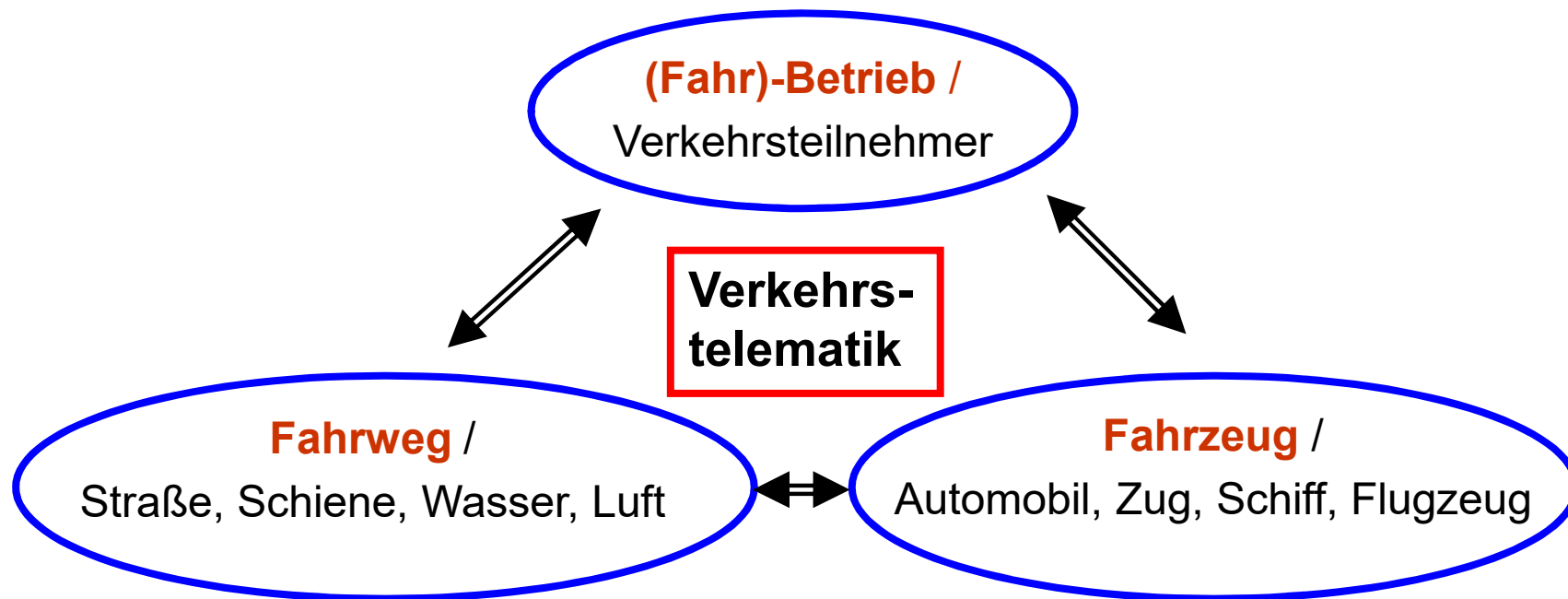
4 Anwendungsdomänen in der Verkehrstelematik

5 Zusammenfassung und Ausblick

Institute und dazugehörige Professuren



Profil: Die Professur beschäftigt sich in Lehre und Forschung mit der Theorie und Technik von **Informationssystemen** innerhalb der **Verkehrstelematik**



Basis: **präzise** und **zuverlässige** Bereitstellung von (Orts-)Informationen

Telematikplattformen (HF, NF, Software, Schnittstellen, HMI)



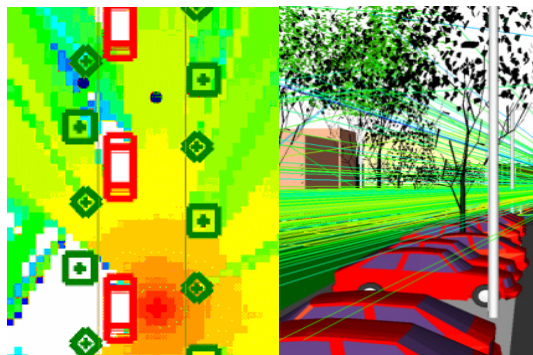
Modellierung, Parametrierung



Fehleranalyse, Integrität



**Funkkanal-
Simulation
(Büroumgebung)**



Automotive

**Signalumfeld-
generierung
(Laborumgebung)**



Schienenverkehr

**Record/Playback
Feldmessungen
(Live-Fieldtest)**



Luftfahrt / Kabine

0 Lehr- und Forschungsprofil der Professur ITVS / TU Dresden

1 Ortungsanforderungen in der Verkehrstelematik

2 Genauigkeitsbeeinflussende Faktoren

3 Überblick über verfügbare GNSS-Systeme

4 Anwendungsdomänen in der Verkehrstelematik

5 Zusammenfassung und Ausblick



Quelle: www.geokart.de/referenzen.html



Quelle: <http://www.dresden-fernsehen.de/>



Quelle: <http://foctage-framapool.com>

GNSS-Verfügbarkeit oder Ortungsgenauigkeit ist dafür nicht erfüllt ?

Ranging/Lokalisierung in funk-

Lösung

basierten Sensornetzen (WSN)

Signalstärke

Signallaufzeit Winkel

Cell-ID

Phasenlage



ToA



RSSI



AoA



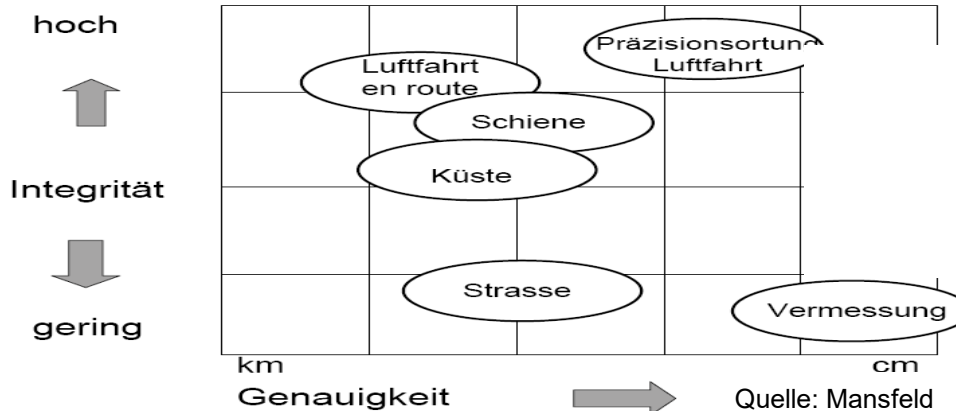
CoO



PoA

Anforderungen:

- Genauigkeit
- Integrität
- Kontinuität / Verfügbarkeit



Schienen-Verkehrstelematik

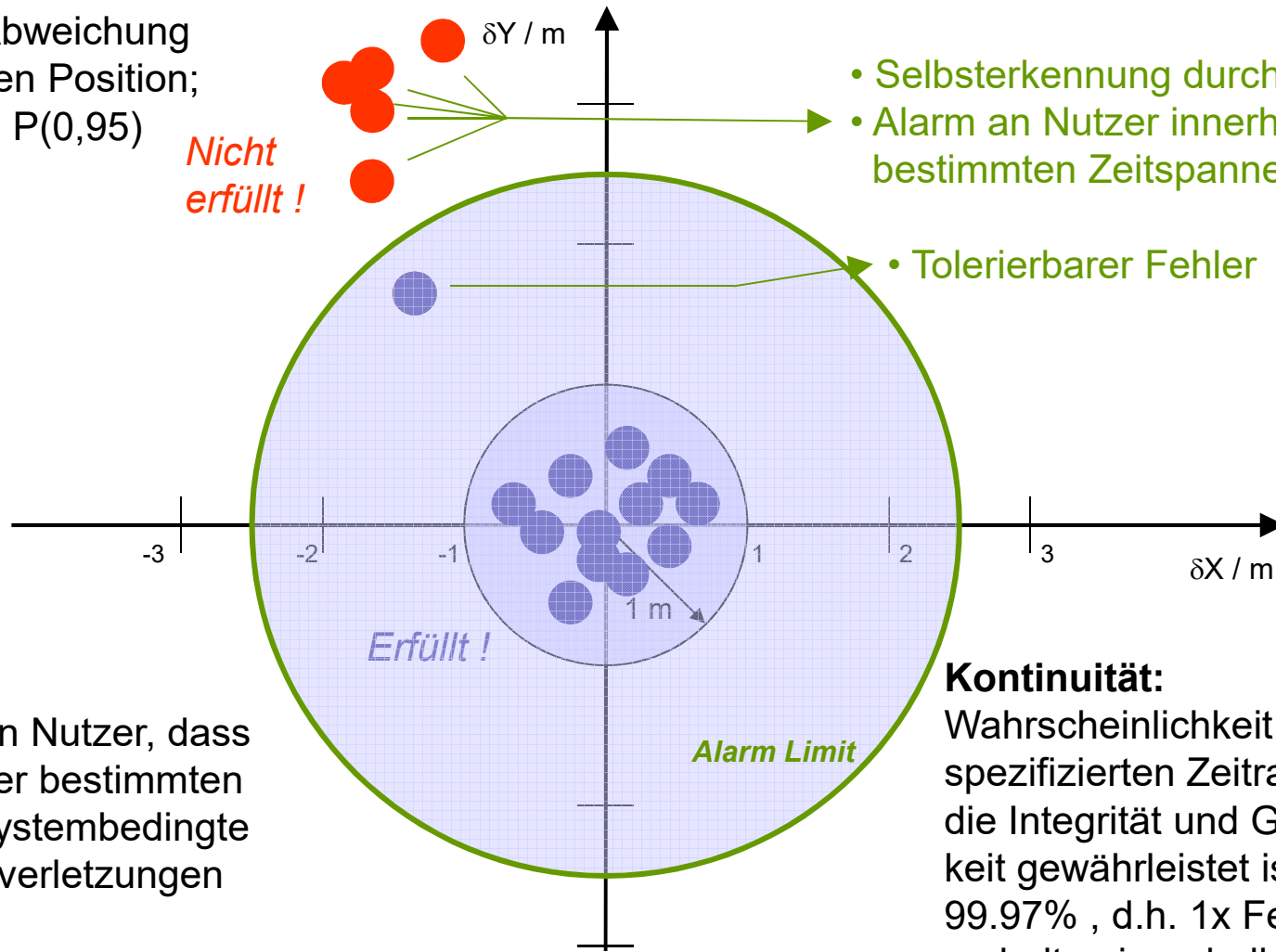
No	Application	Requirement				
		Accuracy	Integrity ²		Availability	Service interrupt threshold
		Horizontal (m)	Alert limit (m)	Maximum time to alarm (s)	% of mission time	(seconds)
<i>Safety related applications^{3*}</i>						
I	ex: ATC on high density lines / Station / Parallel track	(1)	2.5	<1.0	>99.98	<5
II	ex: Train Control on medium density lines	(10)	20	<1.0	>99.98	<5
III	ex: Train Control on low density lines	(25)	50	<1.0	>99.98	<5

Quelle: DLR

Genauigkeit:

Statistische Abweichung von der wahren Position; Quantile, z.B. P(0,95)

Nicht erfüllt!



- Selbsterkennung durch System
- Alarm an Nutzer innerhalb einer bestimmten Zeitspanne

• Tolerierbarer Fehler

Integrität:

Information an Nutzer, dass innerhalb einer bestimmten Zeitspanne systembedingte Genauigkeitsverletzungen vorliegen

Kontinuität:

Wahrscheinlichkeit für einen spezifizierten Zeitraum, dass die Integrität und Genauigkeit gewährleistet ist (z.B. 99.97% , d.h. 1x Fehlverhalten innerhalb 3h)

Quelle: DLR

0 Lehr- und Forschungsprofil der Professur ITVS / TU Dresden

1 Ortungsanforderungen in der Verkehrstelematik

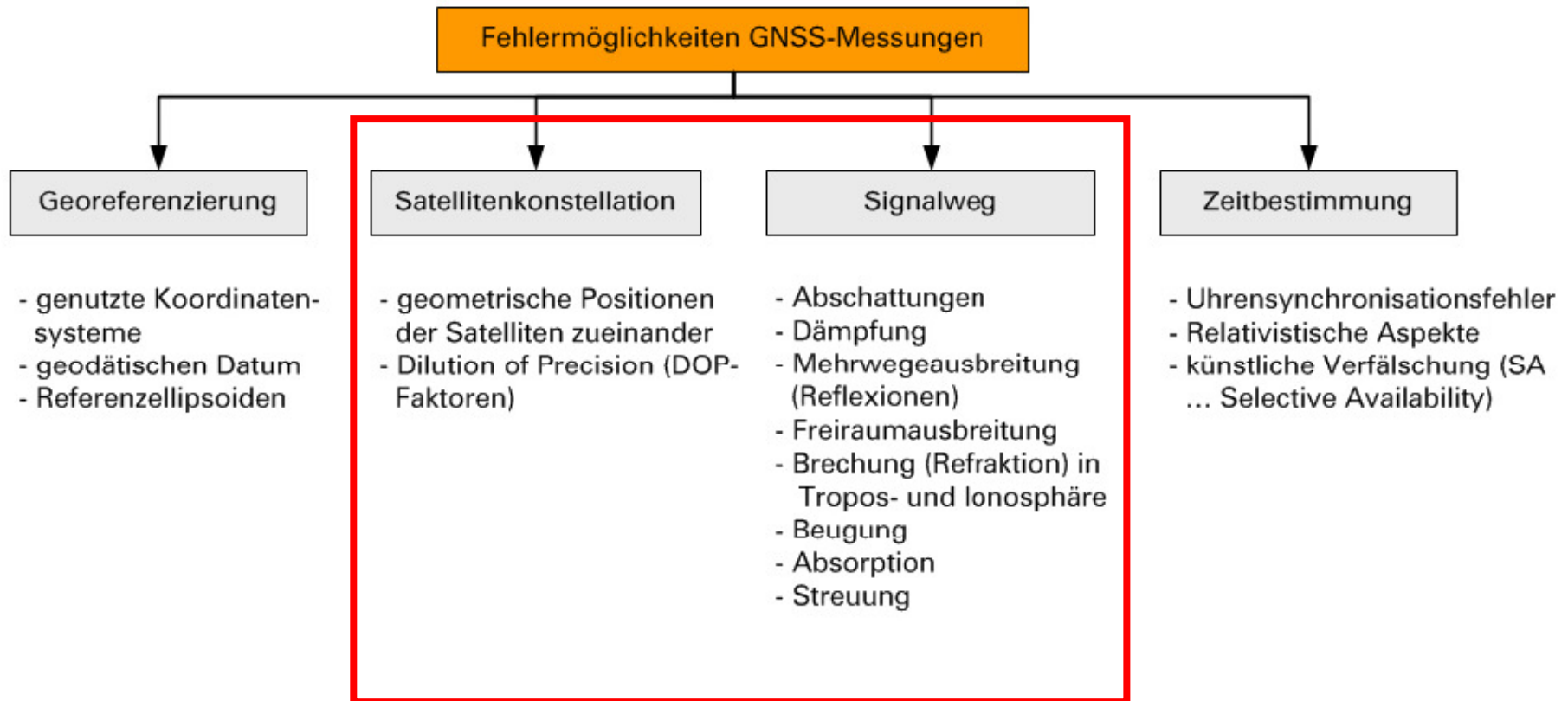
2 Genauigkeitsbeeinflussende Faktoren

3 Überblick über verfügbare GNSS-Systeme

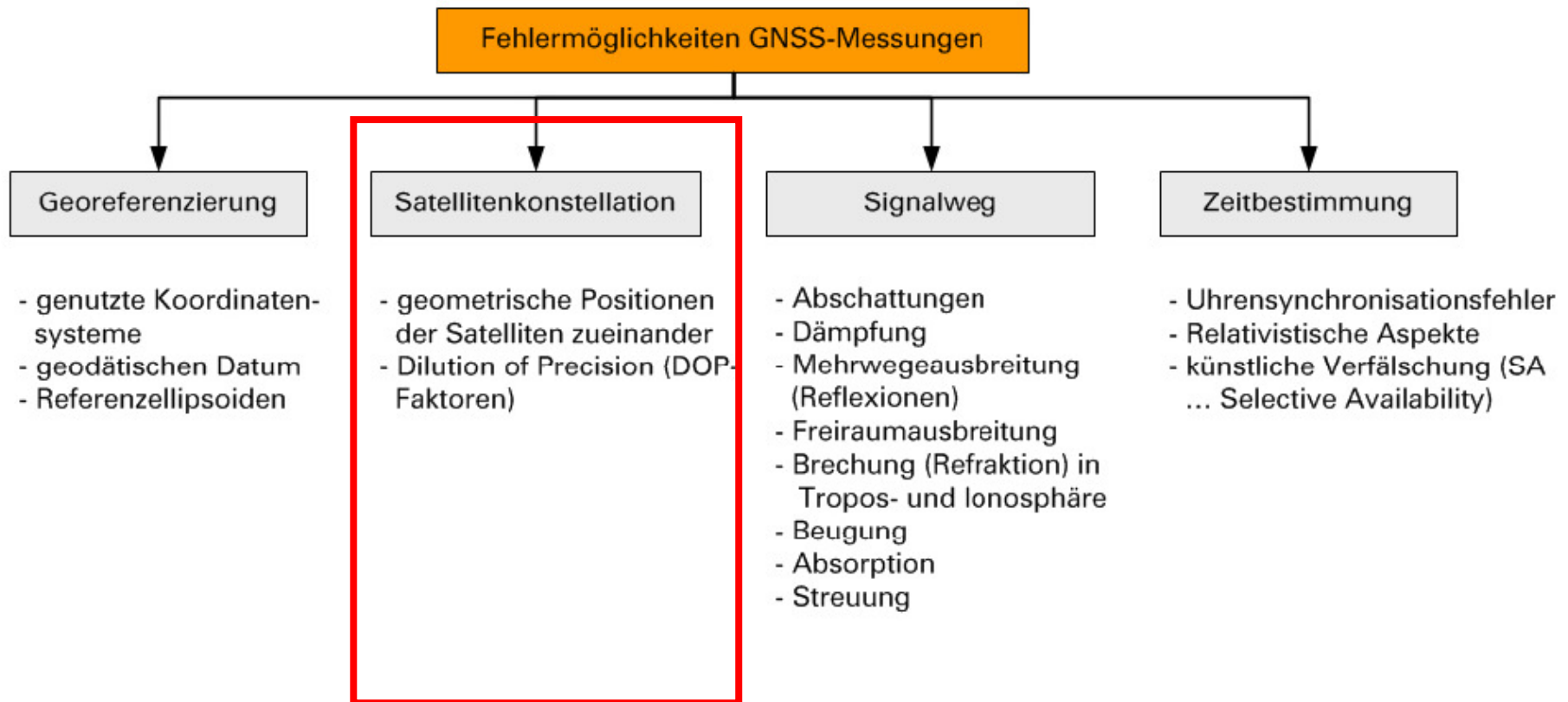
4 Anwendungsdomänen in der Verkehrstelematik

5 Zusammenfassung und Ausblick

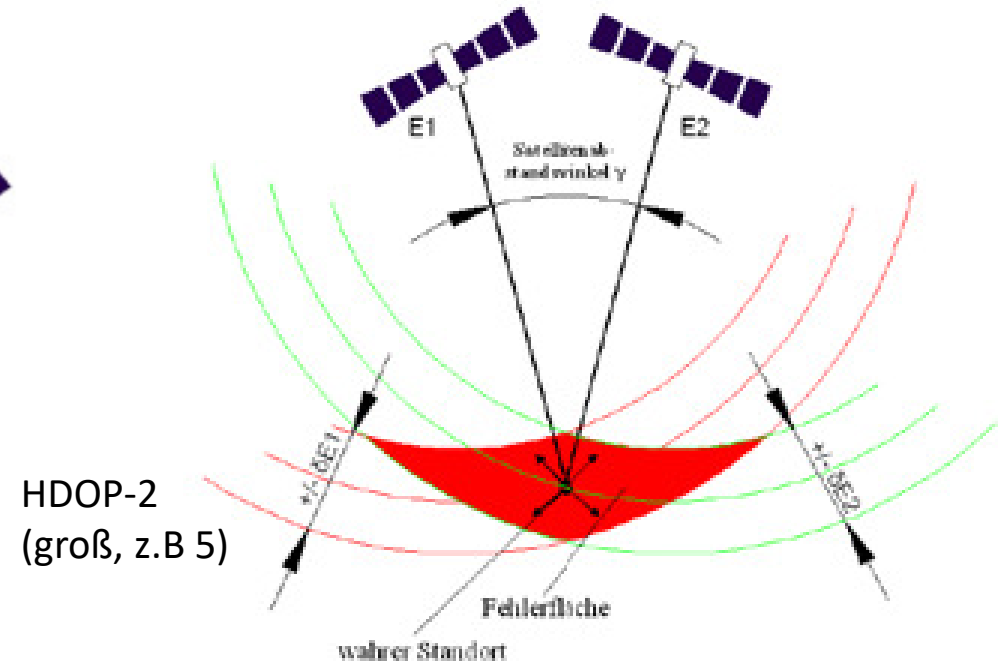
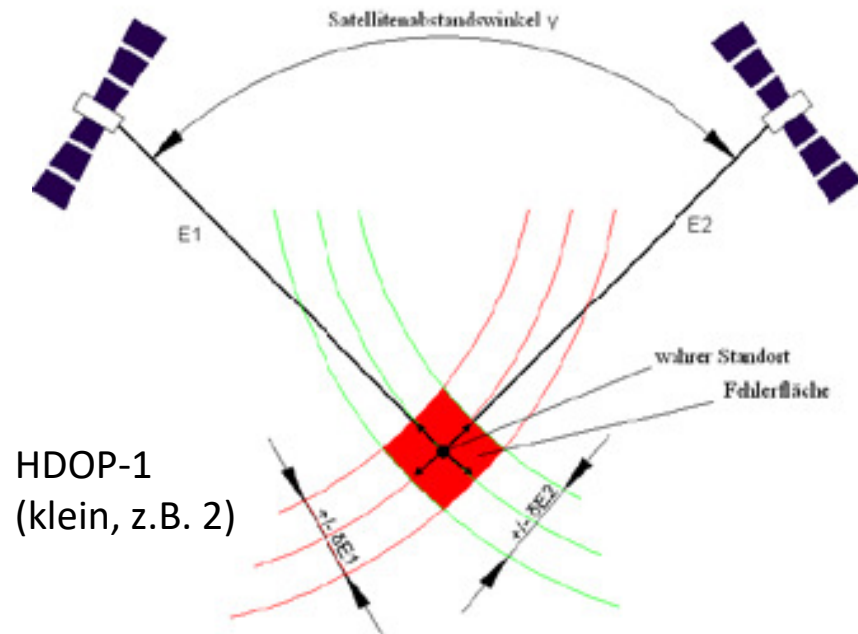
⇒ Die vom GNSS-Empfänger gelieferten Pseudorange-, Trägerphasen- und Deltarange-Messung sind mit Fehlern behaftet:



⇒ Die vom GNSS-Empfänger gelieferten Pseudorange-, Trägerphasen- bzw. Deltarange-Messung sind mit Fehlern behaftet:



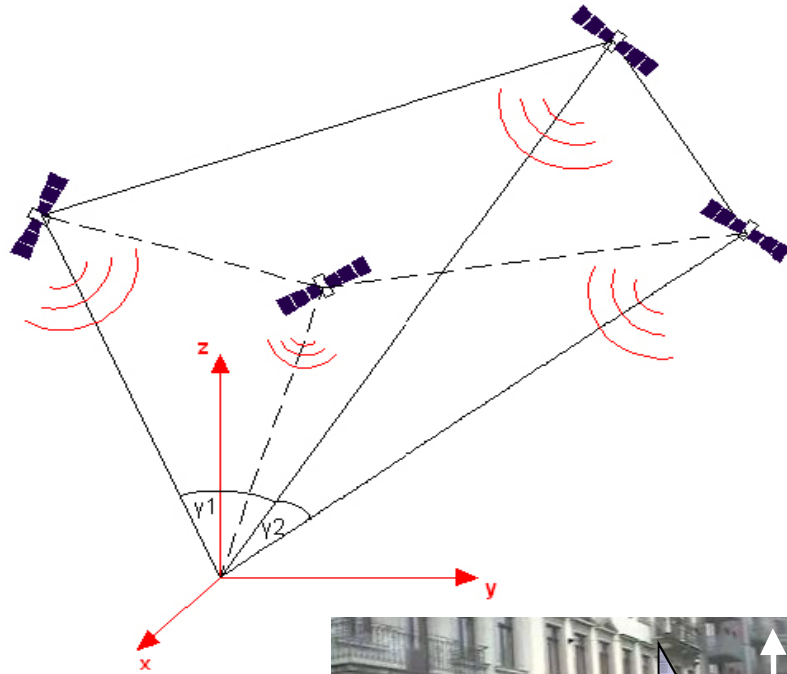
Dilution of Precision (DOP) - 2 dimensional



GDOP Geometrical Dilution of Precision
 PDOP Position Dilution of Precision
 HDOP Horizontal Dilution of Precision
 VDOP Vertikal Dilution of Precision
 TDOP Time Dilution of Precision

→ **3 dimensional**

$$DOP = \frac{\sigma_{\text{Positionsfehler}}}{\sigma_{\text{Entfernungsfehler}}}$$



$$GDOP = \sqrt{(PDOP)^2 + (TDOP)^2}$$

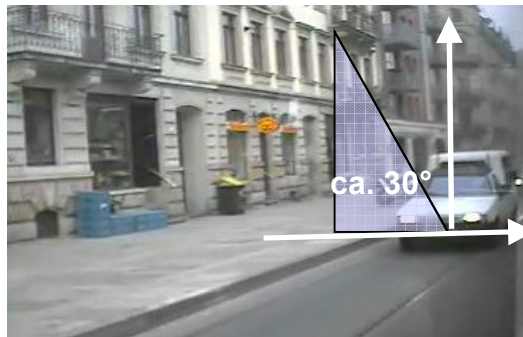
$$GDOP = k \cdot V_H$$

k ... Umrechnungsfaktor

V_H ... Volumen des Tetrahedrons

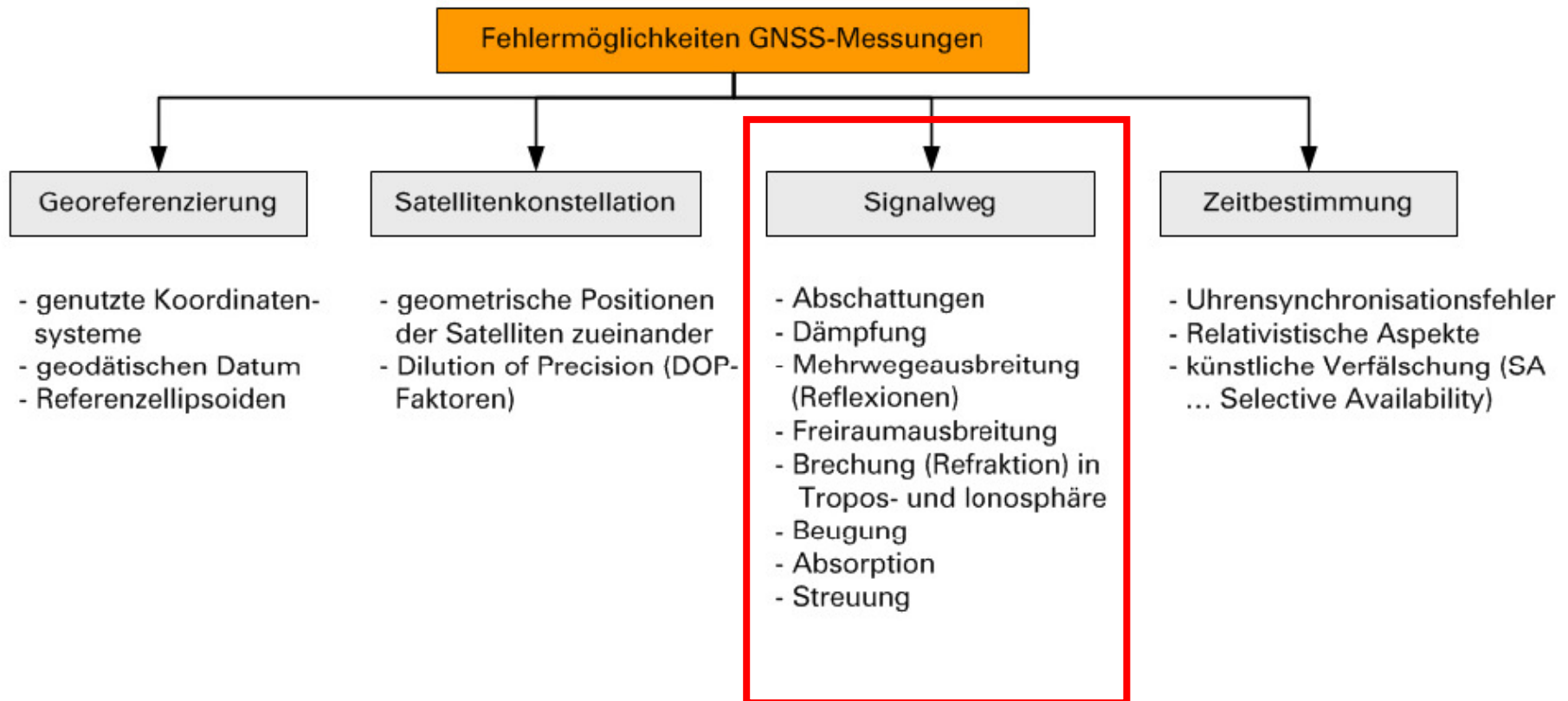
Das Volumen erreicht ein Maximum bei:

- einem Satelliten im Zenit des Nutzers und
- drei um 120° versetzte Satelliten mit geringen Erhebungswinkeln.

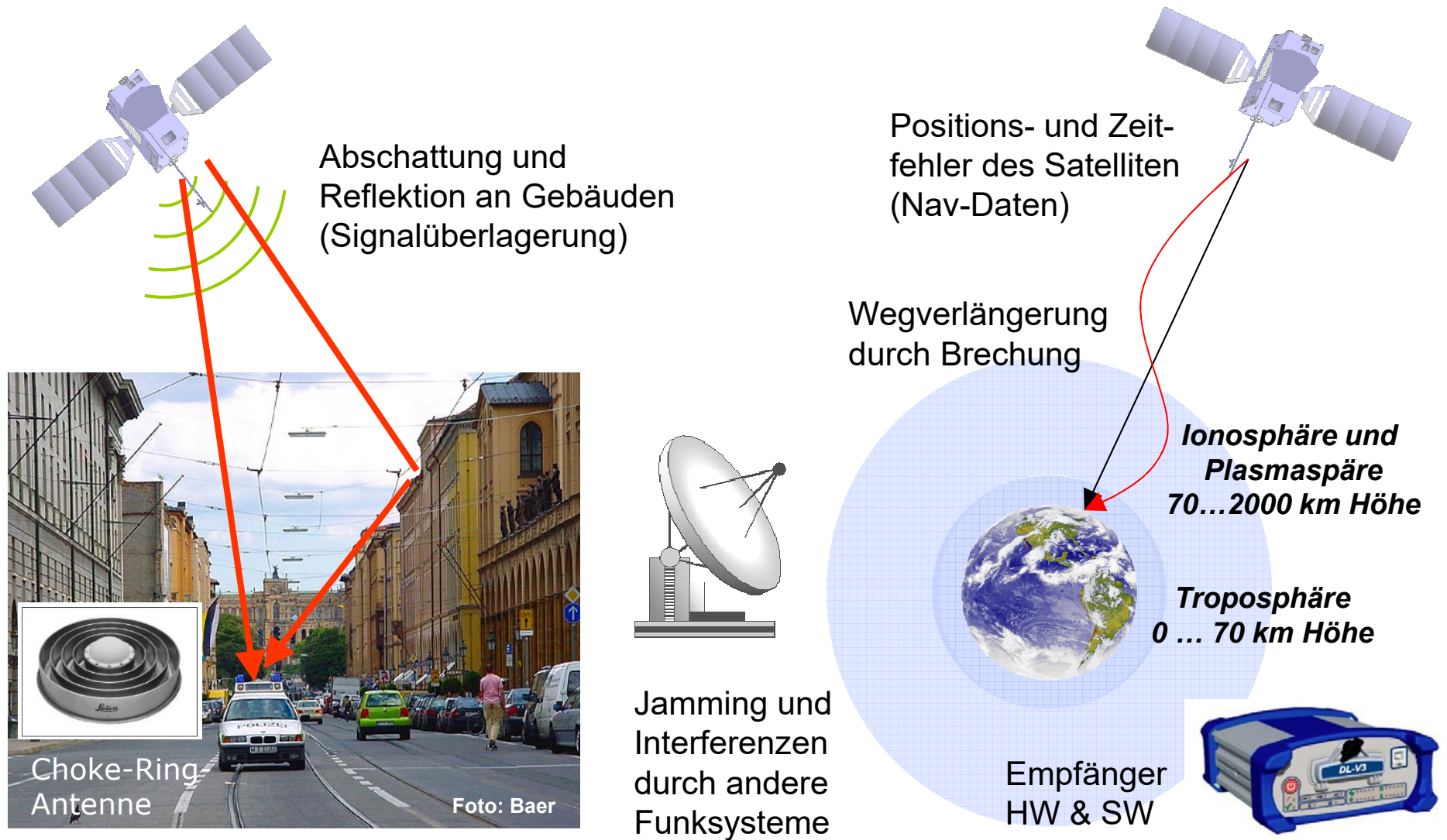


⇒ **GDOP-Werte sind für den GNSS-Empfänger ein Auswahlkriterium für die zur Positionslösung nutzbaren Satelliten (bei mehr als 4 Satelliten)**

⇒ Die vom GNSS-Empfänger gelieferten Pseudorange-, Trägerphasen- und Deltarange-Messung sind mit Fehlern behaftet:



Fehleranteile im Signalweg



0 Lehr- und Forschungsprofil der Professur ITVS / TU Dresden

1 Ortungsanforderungen in der Verkehrstelematik

2 Genauigkeitsbeeinflussende Faktoren

3 Überblick über verfügbare GNSS-Systeme

4 Anwendungsdomänen in der Verkehrstelematik

5 Zusammenfassung und Ausblick

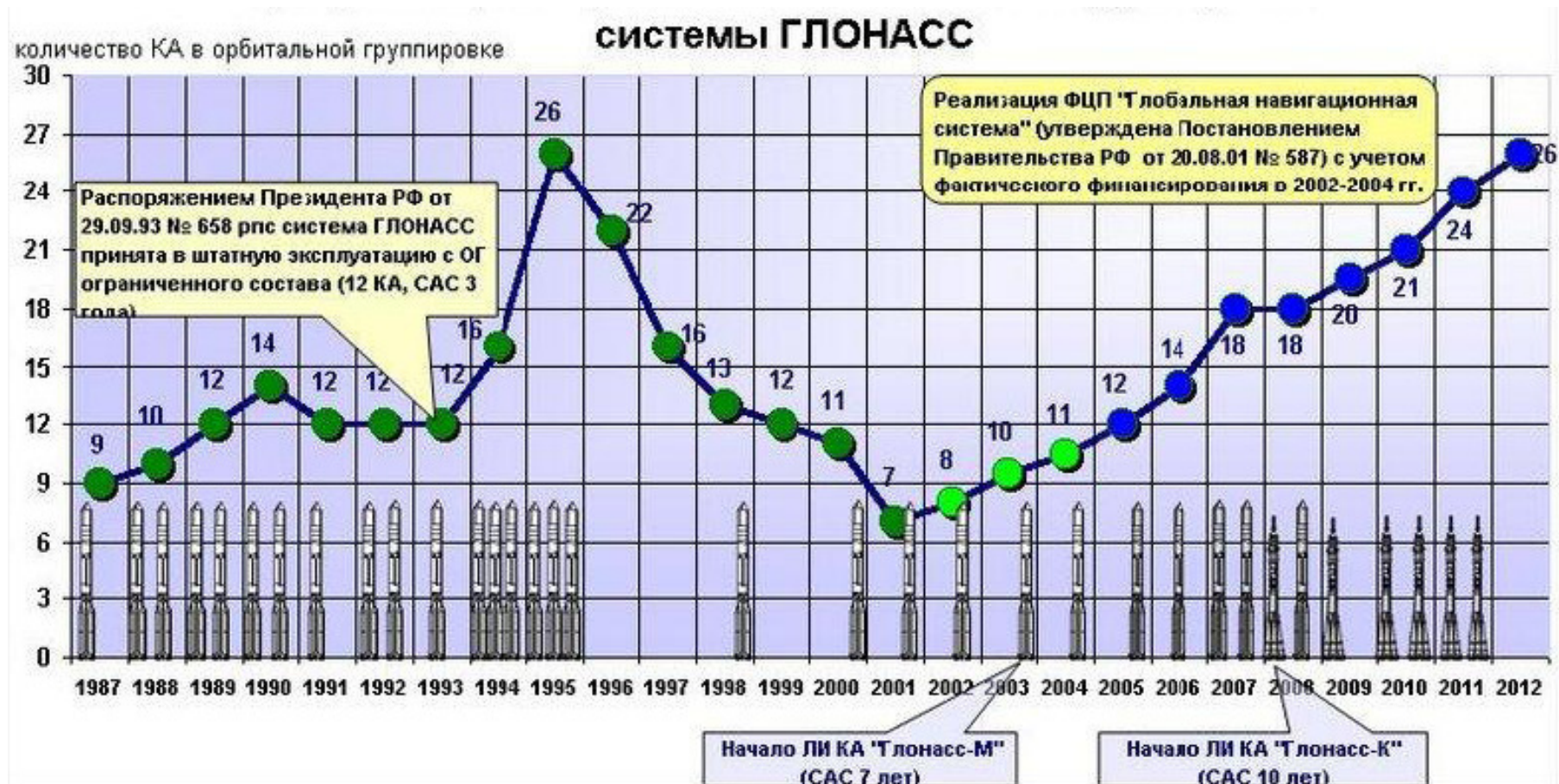
GPS (Global Positioning System) NAVSTAR (Nav. System for Timing and Rang.)

Orbitebenen / Inklination:	6 / 55°
FOC (Full Operational Capability)	1993
Zugriffsverfahren:	CDMA
Trägerfrequenz L1: (Trägerfrequenz L5)	1575.42 MHz (1176,42 MHz)
Trägerfrequenz L2:	1227.60 MHz
Navigationsdatenrate:	50 bps
Navigationsrahmen:	12.5 min
Chiprate C/A:	1.023 Mcps
Chiprate P:	10.23 Mcps

Globalnaja Nawigazionnaja Sputnikowaja Sistema (GLONASS)

Orbitebenen / Inklination:	3 / 64.8°
FOC:	1995 / 2010
Zugriffsverfahren:	FDMA
Trägerfrequenz L1:	1602+k*0.5625 MHz
Trägerfrequenz L2:	1246+k*0.4375 MHz
Navigationsdatenrate:	50 bps
Navigationsrahmen:	2.5 min
Chiprate C/A:	0.511 Mcps
Chiprate P:	5.11 Mcps

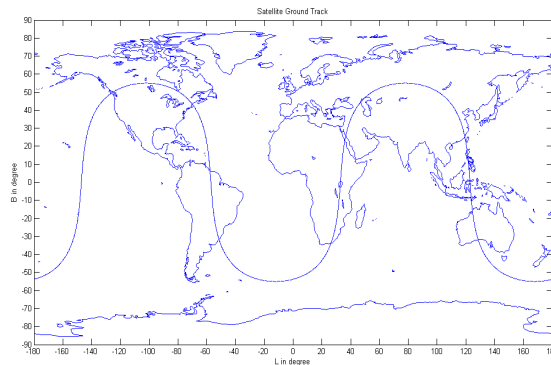
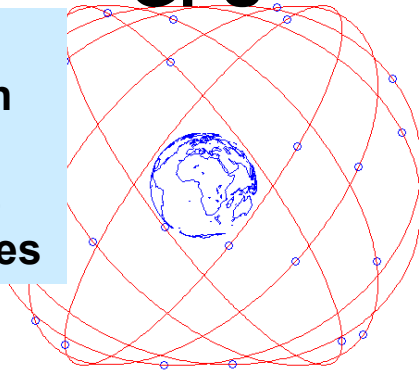
Ausbauzustand / Satellitenverfügbarkeit GLONASS



Quelle: Lilienblum

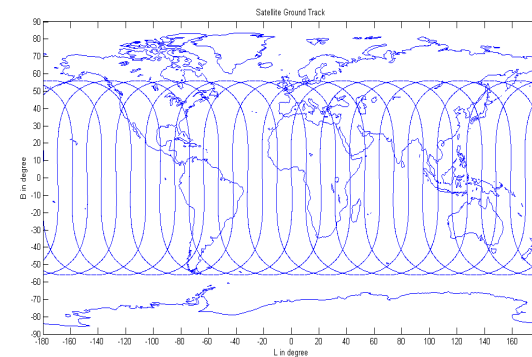
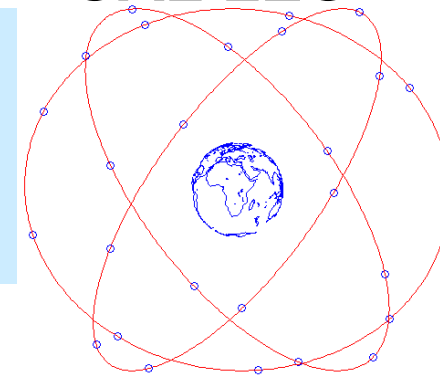
GPS

R = 26'600 km
T = 11h 58 min
Inkl. = 55°,
6 orbit planes
24 (30) satellites



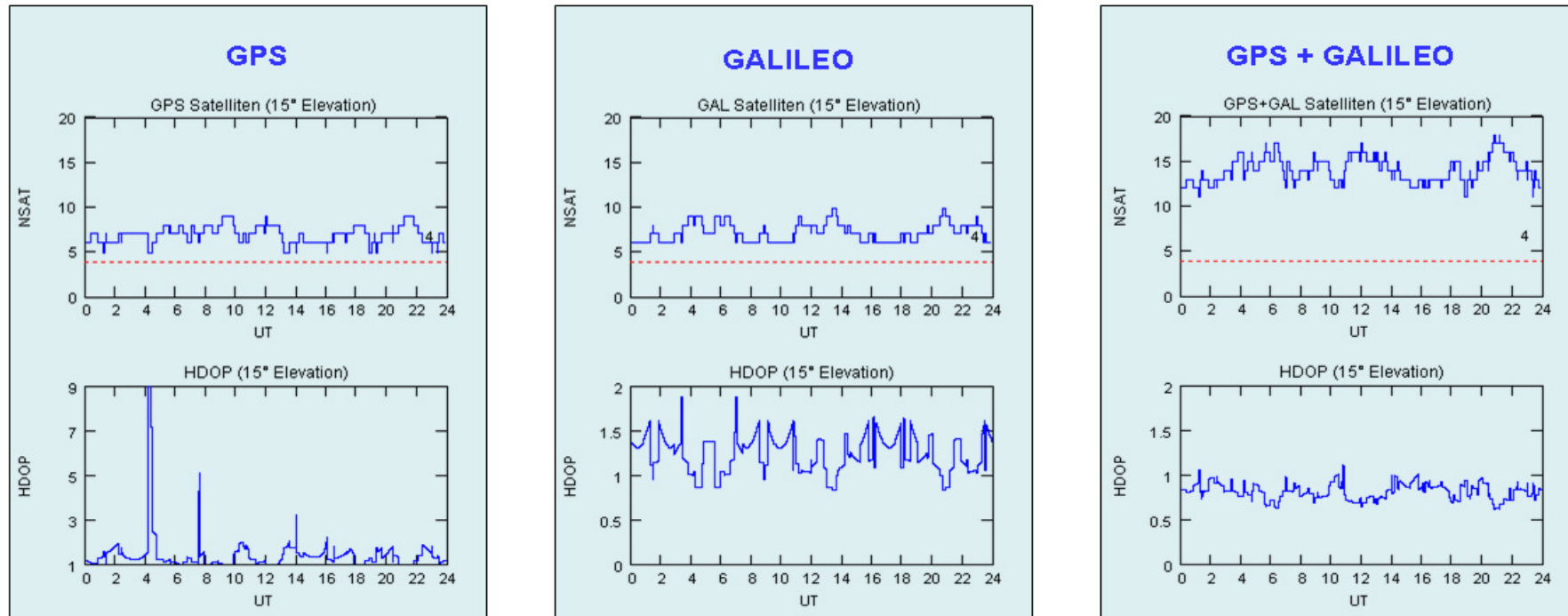
GALILEO

R = 29'600 km
T = 14h 05 min
Inkl. = 56°,
3 orbit planes
27 (30) satellites

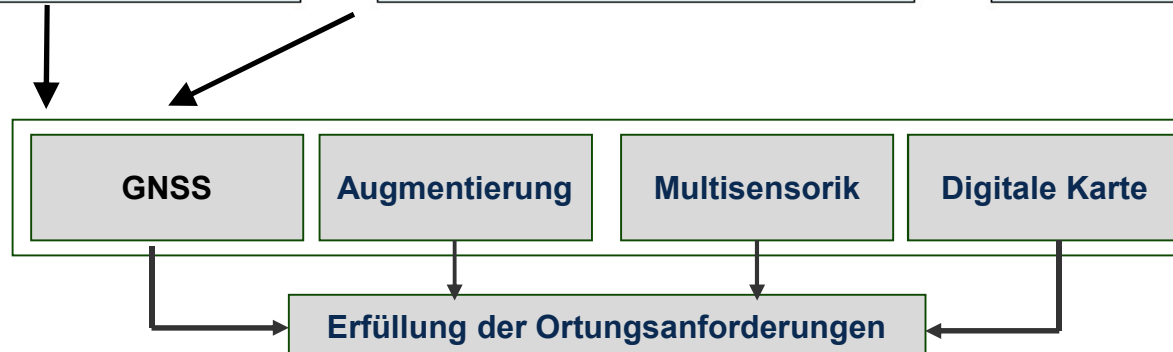


Quelle: DLR

- **Unabhängigkeit:** GALILEO ist ein komplettes, eigenständiges GNSS,
- **Verfügbarkeit:** GALILEO ist global verfügbar, hat etwas bessere Konstellationsgeometrie
- **Verantwortlichkeit:** Eigenständige Überwachung von Services, Performance und Integrität
- **Interoperabilität:** GALILEO + GPS können gemeinsam genutzt werden ⇒ nächste Folie



Quelle: DLR



0 Lehr- und Forschungsprofil der Professur ITVS / TU Dresden

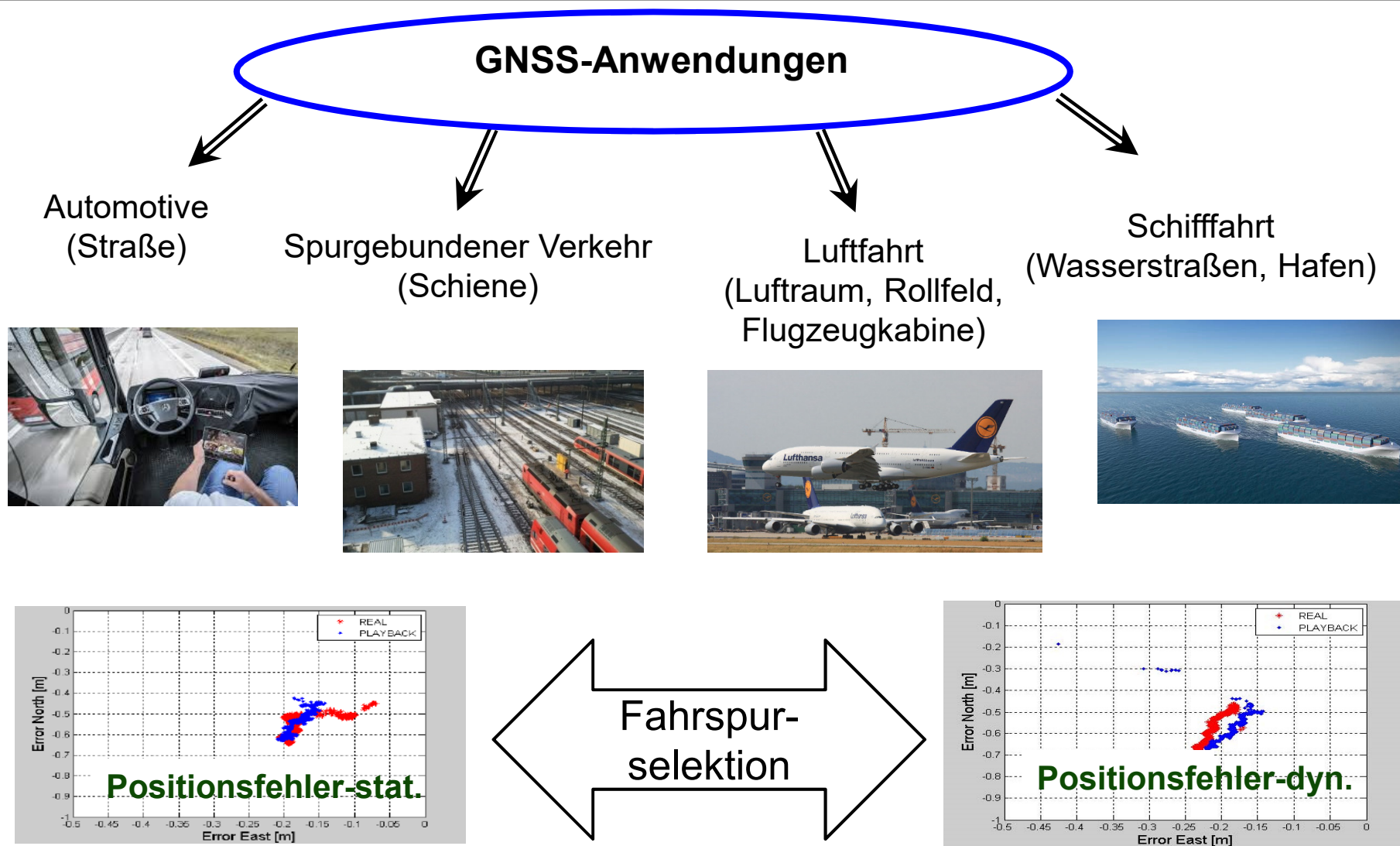
1 Ortungsanforderungen in der Verkehrstelematik

2 Genauigkeitsbeeinflussende Faktoren

3 Überblick über verfügbare GNSS-Systeme

4 Anwendungsdomänen in der Verkehrstelematik

5 Zusammenfassung und Ausblick



**Adhoc-Komm.netze
(Picozelle)**

**Mobilfunk
(Microzelle)**

**Digitale Broadcast-
systeme (Makrozelle)**

**Umfelderfassung
durch LIDAR /
T-Kamera**

**Automatisierte Fahren
„Digitale Synergien“**

**Multi-GNSS-Ortung
(GALILEO, ...)**

**Umfelderfassung
durch Radar**

**Multisensorielle
Datenfusion
(Integrität)**

**Präzise Geo-
Referenzierung**





best case

<http://www.dresden-und-sachsen.de/dresden/pics/albertbruecke.jpg>

GPS L1 - Albertbrücke

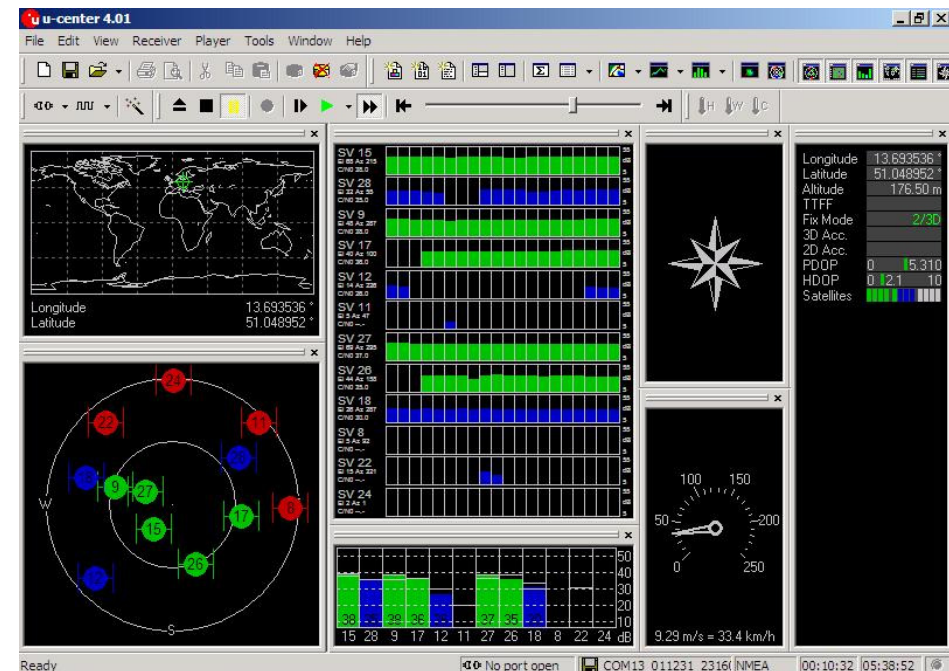
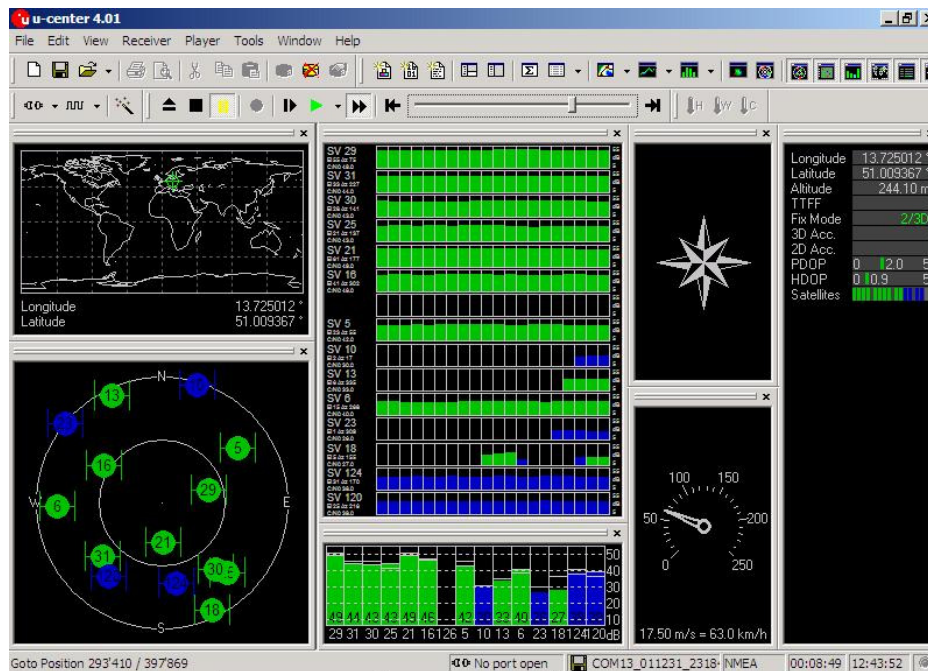
Messfahrten

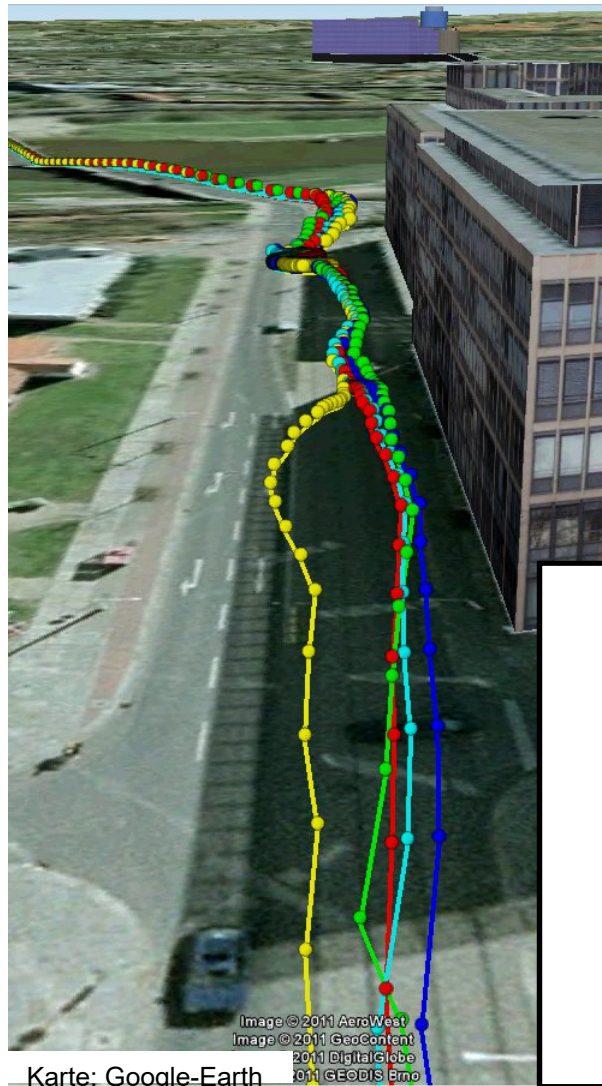
(GPS L1/L2; GLONASS L1)



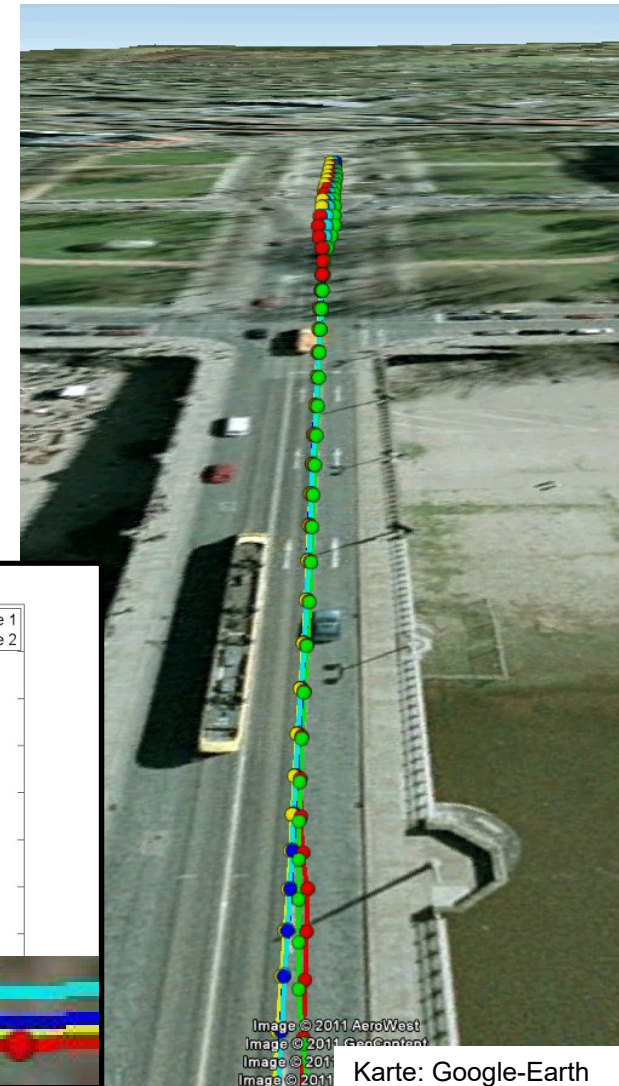
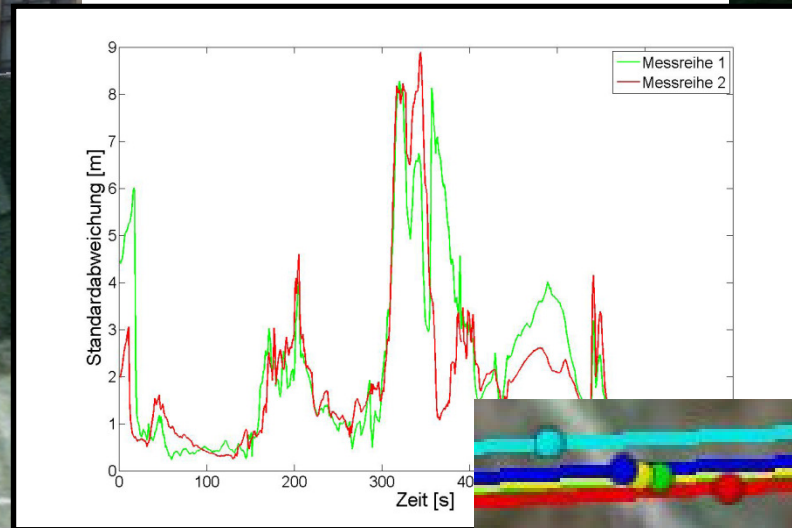
worst case

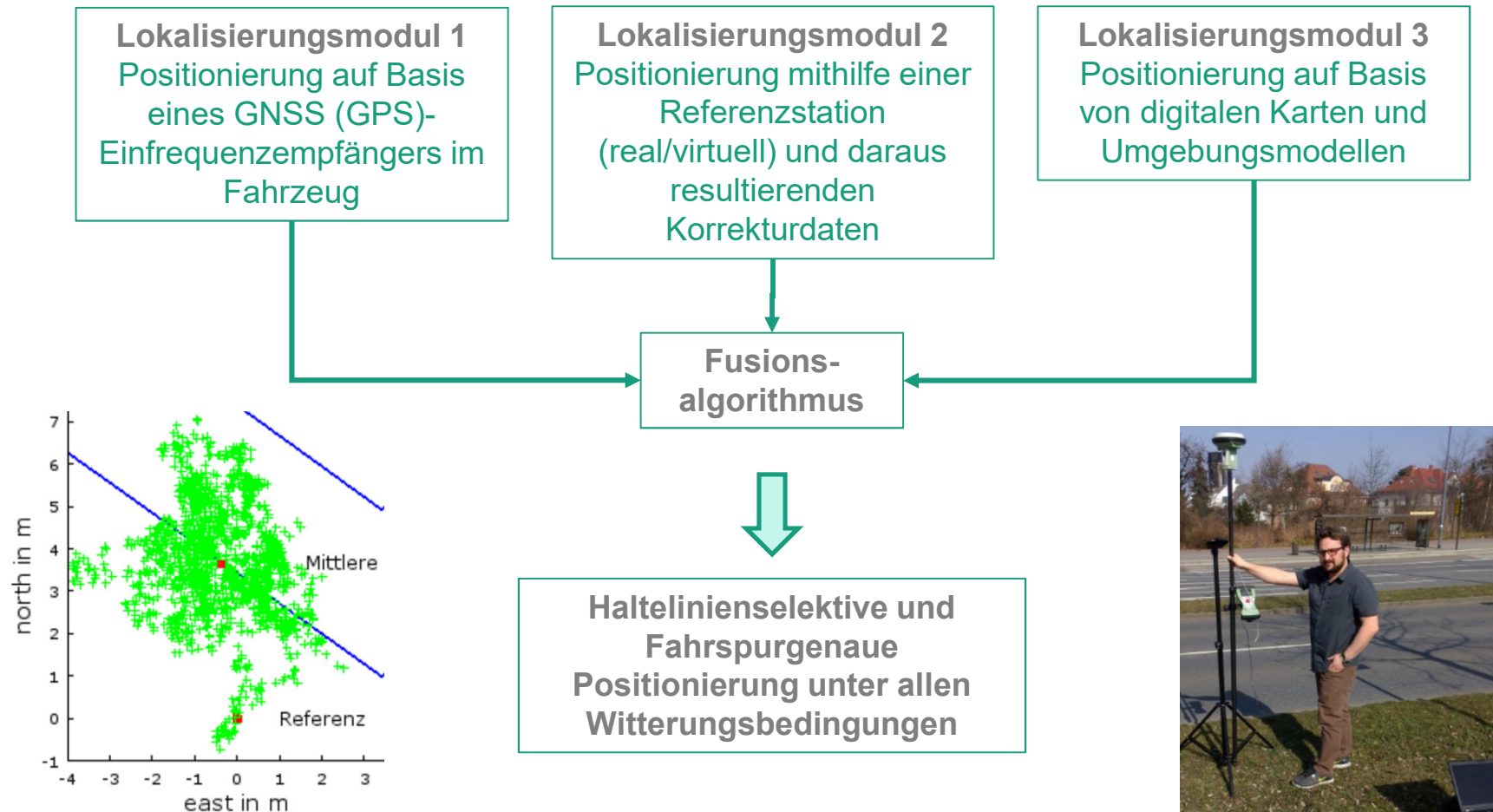
GPS L1 – Rothenburger Str.

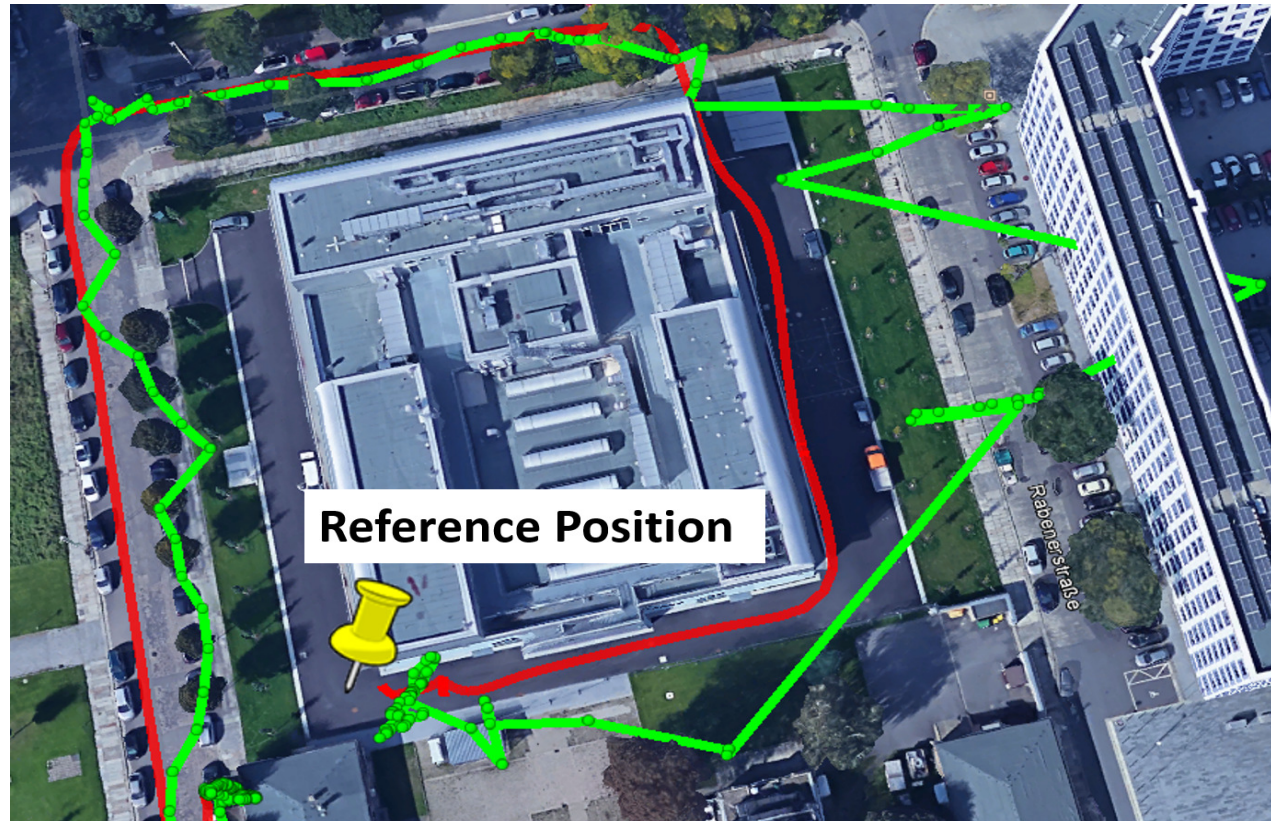




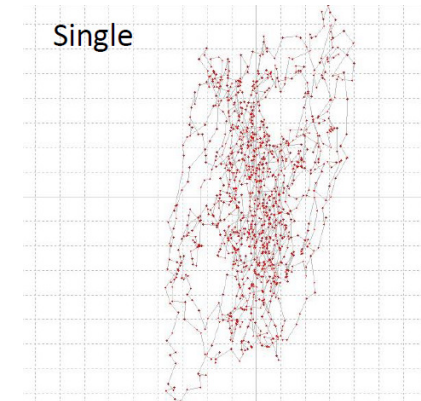
- x-Abweichungen
- y-Abweichungen
- Versch. Messdurchläufe
- Zeitsynchronisation
- Empfängerverhalten
- Messtechn. Signalverarbeitungeffekte



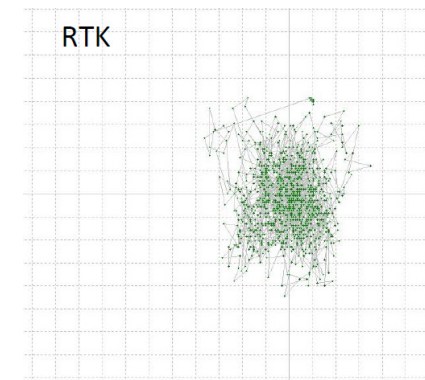




- Grün: Single Point Positioning
- Rot: RTK Korrektur



E/W: +/- 2m
N/S: +/- 4.5m



E/W: +/- 7mm
N/S: +/- 9mm

0 Lehr- und Forschungsprofil der Professur ITVS / TU Dresden

1 Ortungsanforderungen in der Verkehrstelematik

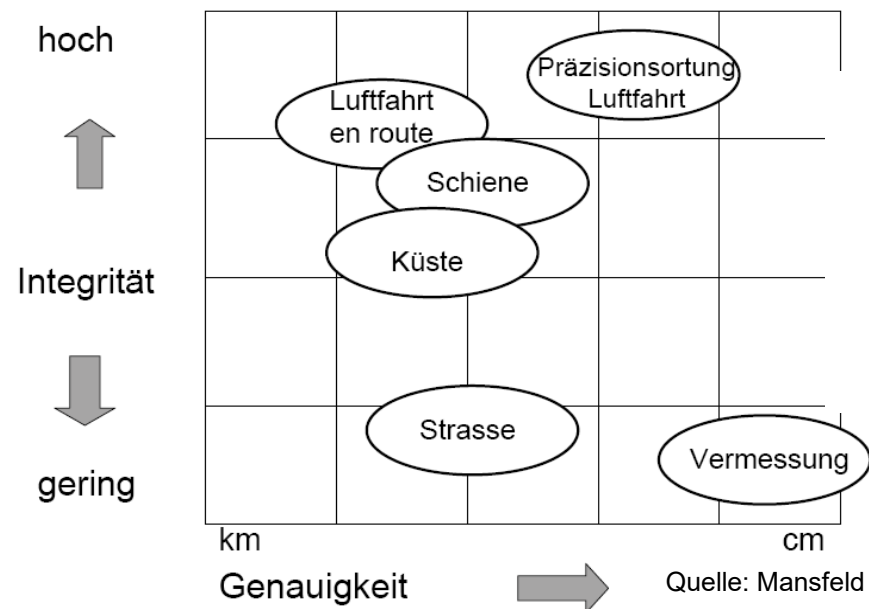
2 Genauigkeitsbeeinflussende Faktoren

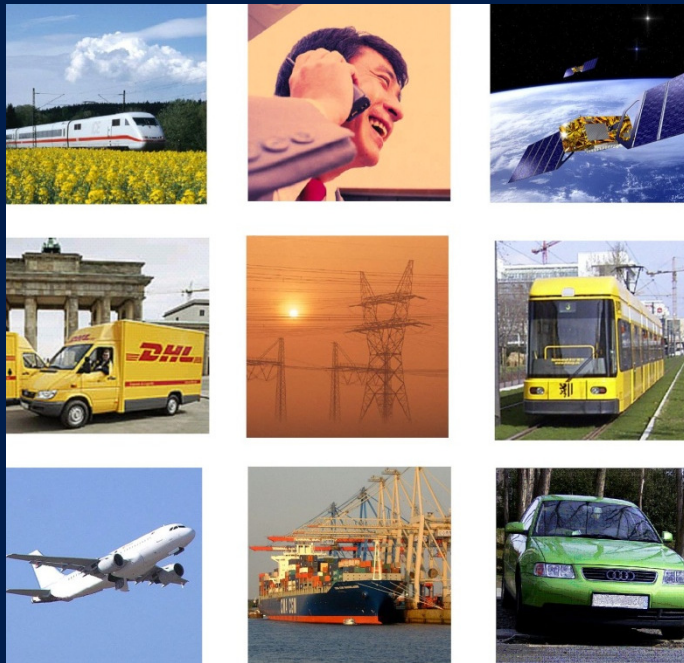
3 Überblick über verfügbare GNSS-Systeme

4 Anwendungsdomänen in der Verkehrstelematik

5 Zusammenfassung und Ausblick

- GNSS bilden eine dominante IT-Komponente allgemein, aber insbesondere in der Verkehrstelematik (Straße, Schiene, Luft, Wasser)
- Moderne Anwendungen in der Verkehrstelematik stellen spezifische Erfordernisse an die Genauigkeit, Integrität und Verfügbarkeit
- I. Allg. besteht die Notwendigkeit einer Datenfusion (Ergänzungssysteme / Multi-sensorik zur Datenfusion, Map-Matching)
- Ausblick:
Einsatz modular aufgebauter SDR-Signalumfeldgeneratoren für effiziente GNSS-Empfängertests, Feldversuche und statistische laborseitige Signalanalysen, bis zu Zertifizierungsaufgaben





**Herzlichen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit**