Forschung und Entwicklung für GNSS basierte „SoL“-Anwendungen

Dr. E. Engler
DLR, Institut für Kommunikation und Navigation

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Kommunikation und Navigation

Institut für Kommunikation und Navigation

Prof. Christoph Günther

- Institutsmanagement und Institutsadministration KN-PA, Dr. Florian David
- Digitale Netze KN-DN, Prof. Erich Lutz
  - Breitbandige Satellitensysteme, Dr.Herrmann Bichl
  - Mobile Satellitensysteme, Dr. Sandro Scalise
  - Optische Freiraum-kommunikaiton, Dr. Dirk Giggenbach
- Nachrichtensysteme KN-FS, Dr. Uwe Fiebig
  - Breitbandsysteme, Dr. Patrick Robertson
  - Mobilfunk, Dr. Arnim Damman
  - Aeronautische Kommunikation, Dr. Michael Schnell
- Navigation KN-NA, Prof. Arno Schroth, Stellv. Dr. Michael Meurer
  - Zeit- und Bodeninfrastruktur, Jens Hammesfahr
  - Validierungs- und Ergänzungssysteme*, Dr. Evelin Engler
  - Algorithmen und Endgeräte, Dr. Achim Hornbostel
  - Ionosphärische Effekte und Korrekturen*, Dr. Norbert Jakowski
  - Antennen, Dr. Achim Dreher

* Standort Neustrelitz

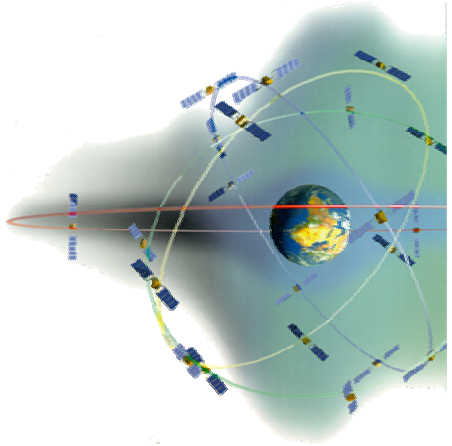
Motivation

Ortung und Navigation in allen Verkehrsbereichen sind "Safety of Life" - Anwendungen existierender und zukünftiger Globaler Satelliten Navigationssysteme (Schutz des Lebens und der maritimen Umwelt)

Genauigkeits- und Integritätsanforderungen werden durch Internationale Gremien spezifiziert. Im Bereich der Seefahrt durch International Maritime Organisation (IMO).

	Ocean/Coastal SAR	Port	Automatic Docking	Galileo SoL
Position Error H/V (m)	< 10 / NA	< 1 / NA	< 0.1 / -	< 4 m / < 8 m
Alarm Limit (m)	25	2.5	0.25	12 m / 18 m
Time to Alarm (s)	10	10	10	< 6
Integrity Risk	1e-5/3h	1e-5/3h	1e-5/3h	3.5e-7/150s

Präzision und Verlässlichkeit GNSS basierter Ortung

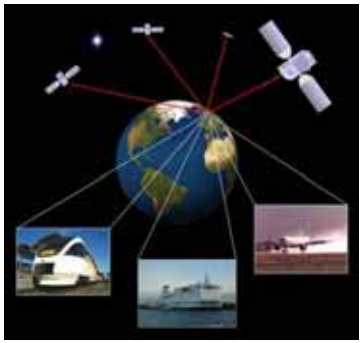


Innovation von GNSS als globale Infrastruktur:

Mit der Entwicklung von Galileo und der Erneuerung bestehender Systeme wie GPS:

- **Gewährleistung spezifizierter Leistungsparameter im Sinne von Genauigkeit und Zuverlässigkeit**
- **Eigenüberwachung des GNSS durch Betreiber**
- **Verteilung Integritätsinformation an Nutzer in Echtzeit**

IKN → ***Systemzeitgenerierung und –verteilung, Simulation; Validierung; Signalausbreitung und Signalstörungen; Systemmonitoring***



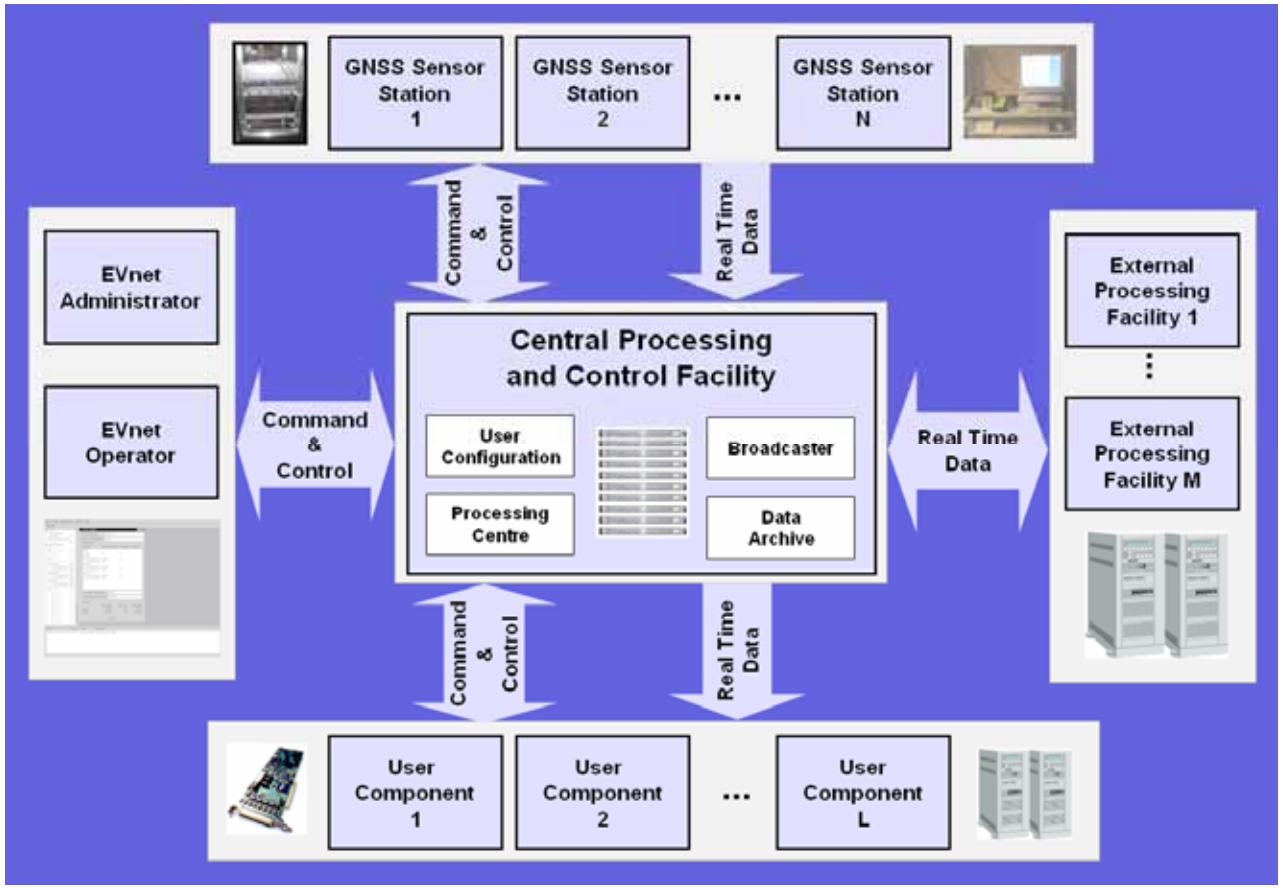
Innovation im Endgeräte- und Dienstleistungsbereich:

Entwicklung von Komponenten und Systemlösungen für „Safety of Life“-Anwendungen in allen Verkehrsbereichen

IKN → ***Antennen; „Safety of Life“-Empfänger; Navigationsalgorithmik; Ground Based Augmentation System (GBAS) für Luft- und Seefahrt***

GNSS Validierung

Experimentier- und Validierungsnetzwerk (EV*net*)



Netzwerk zur globalen GNSS-Datengewinnung und Verteilung in Nahe-Echtzeit

- Hochratige Zweifrequenz-Empfänger
- Wettersensoren
- Remote Control der Sensoren und des gesamten Datenmanagement

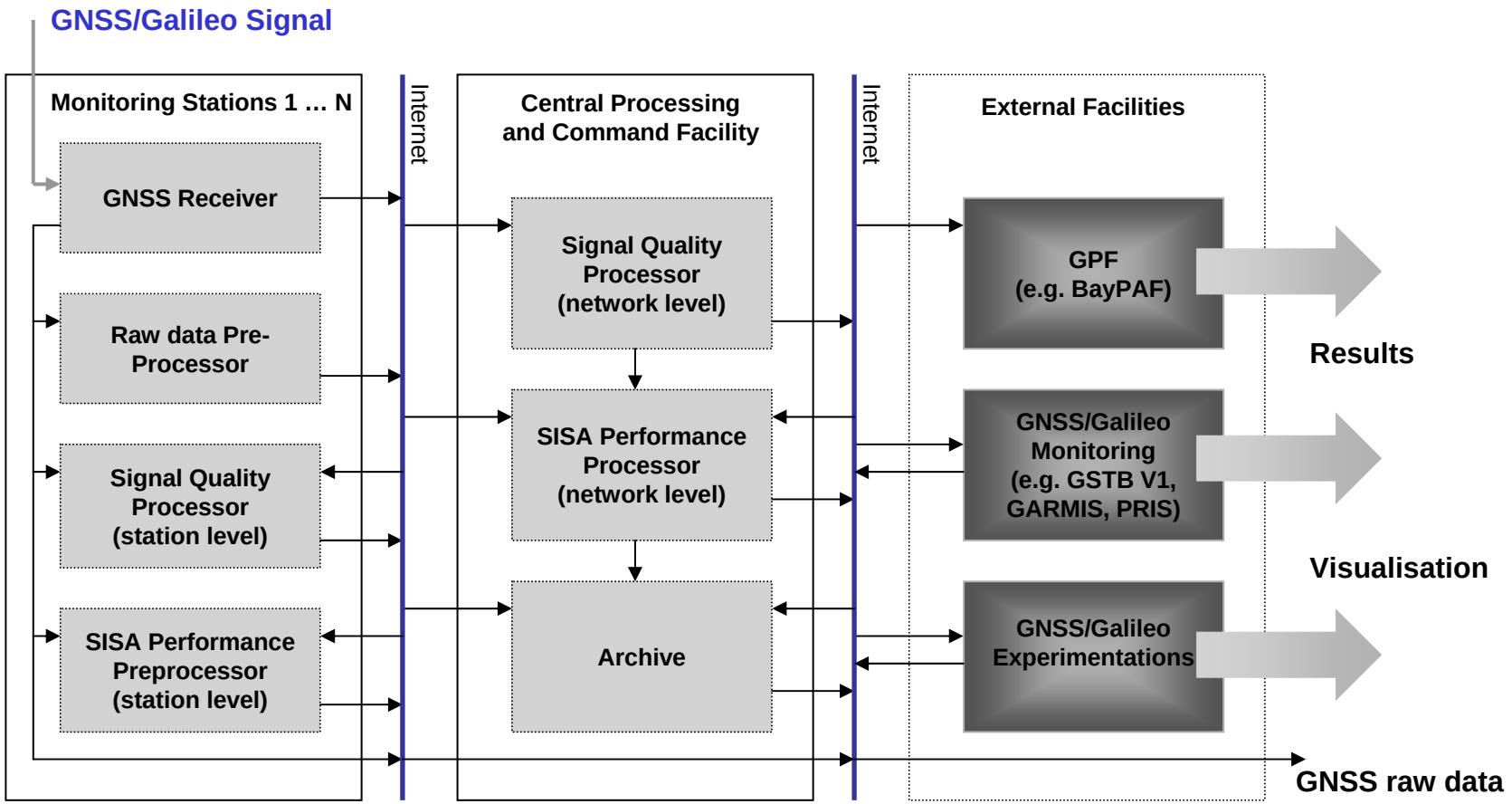
Nutzung als Plattform u.a.

- für Algorithmen- und Verfahrensentwicklung
- zum Monitoren von GNSS
- zur Produktdemonstration

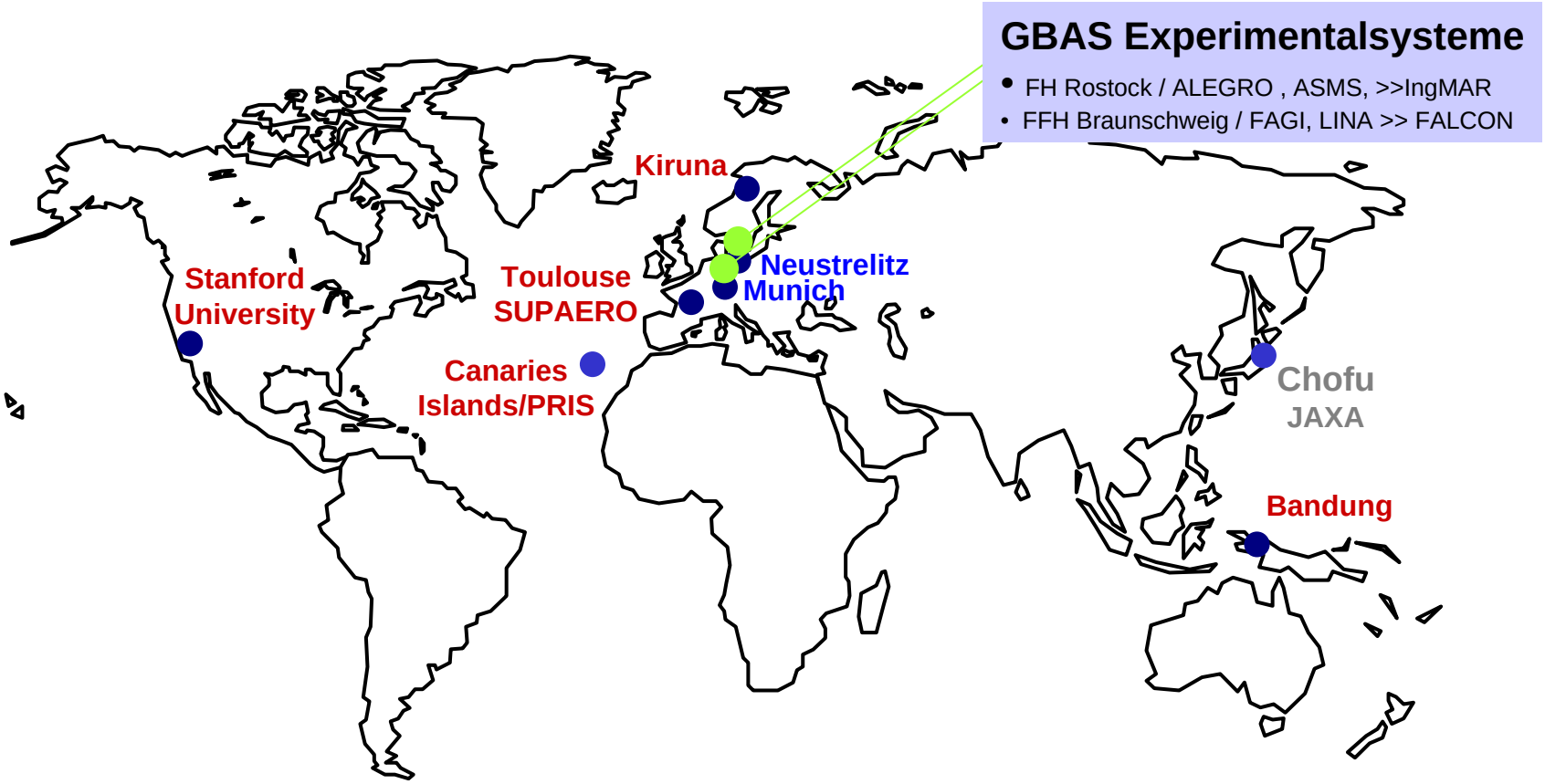
im Rahmen von Projekten

Projektspezifischen Prozessierungsketten

Experimentier- und Validierungsnetzwerk (EV*net*)



Das EV*net*-Messnetz



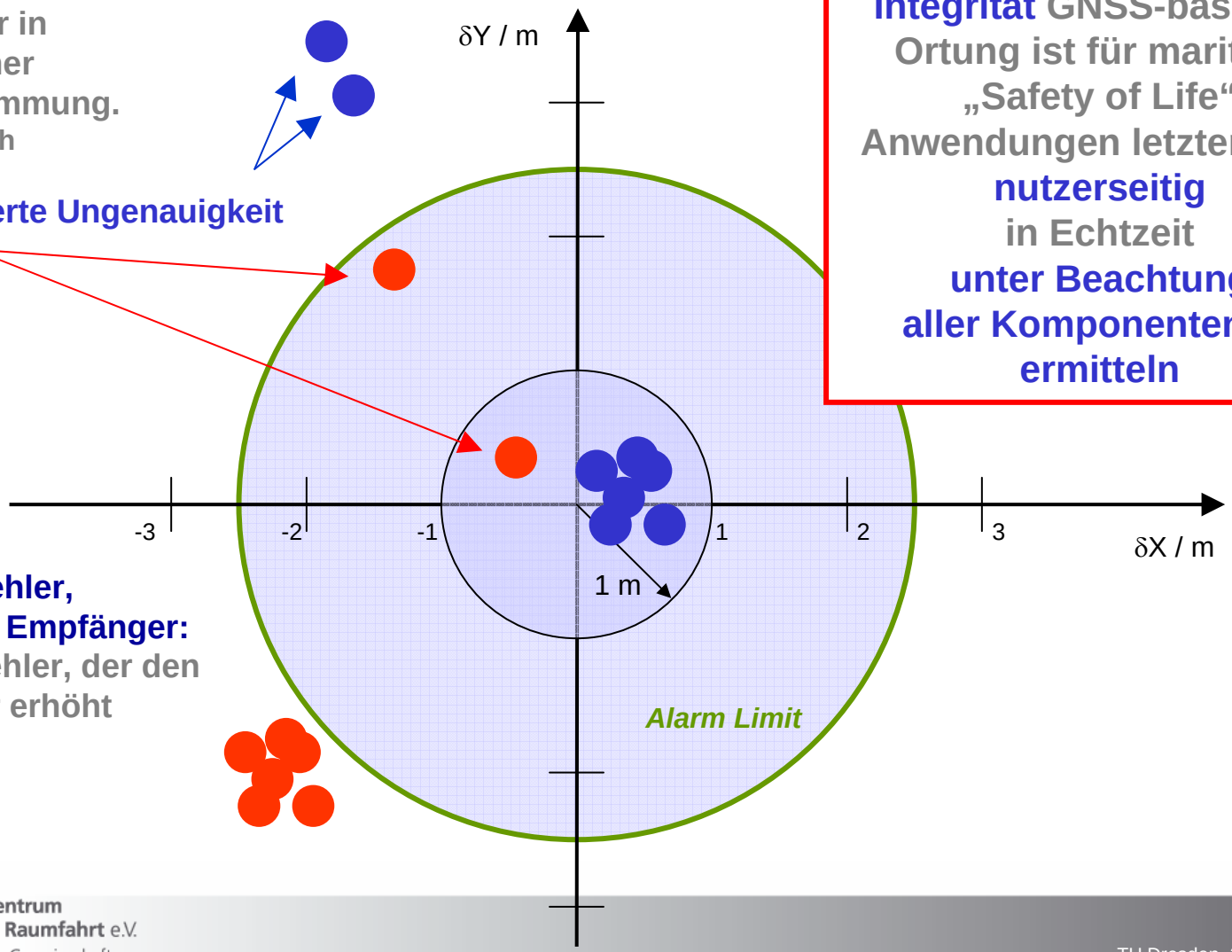
Operationelle EVnet Stationen an DLR Standorten und an Standorten kooperierender Institutionen (geplant)

GNSS Leistungskenngrößen - Fallstudien

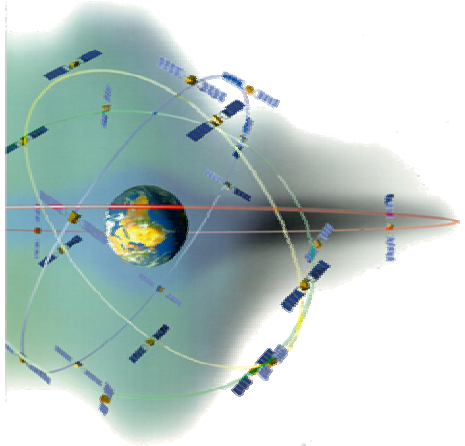
Integritätsrisiko:
Erlaubter Fehler in systembezogener Integritätsbestimmung.
10-5/3h ~ 1x in 30 h

- **Nicht detektierte Ungenauigkeit**
- **Fehlalarm**

Ausbreitungsfehler, Störungen und Empfänger:
Zusätzlicher Fehler, der den Positionsfehler erhöht



Integrität GNSS-basierter Ortung ist für maritime „Safety of Life“ Anwendungen letztendlich **nutzerseitig** in Echtzeit **unter Beachtung aller Komponenten zu ermitteln**



Lösungsstrategien

Hohe Präzision und Integrität

GNSS Monitoring und Bereitstellung von Integritäts- & Korrektur-informationen

- EGNOS, WAAS
- Eigenüberwachung GALILEO, GPS 3

Sensorfusion zur Erhöhung Präzision und Verfügbarkeit durch integrierte Lösungen

- Intertialsysteme
- Fahrzeugsensoren
- Mapping

Ground Based Augmentation System

- GNSS Monitoring im lokalen Kontext
- Differentielles GNSS
- Spezifische Dienste z.B. bzgl. Ionosphäre
- Pseudolites

Nutzerseitige Navigations-komponente

- Multisystem- und Multicarrier-Verfahren
- DGPS/RTK-Verfahren
- RAIM

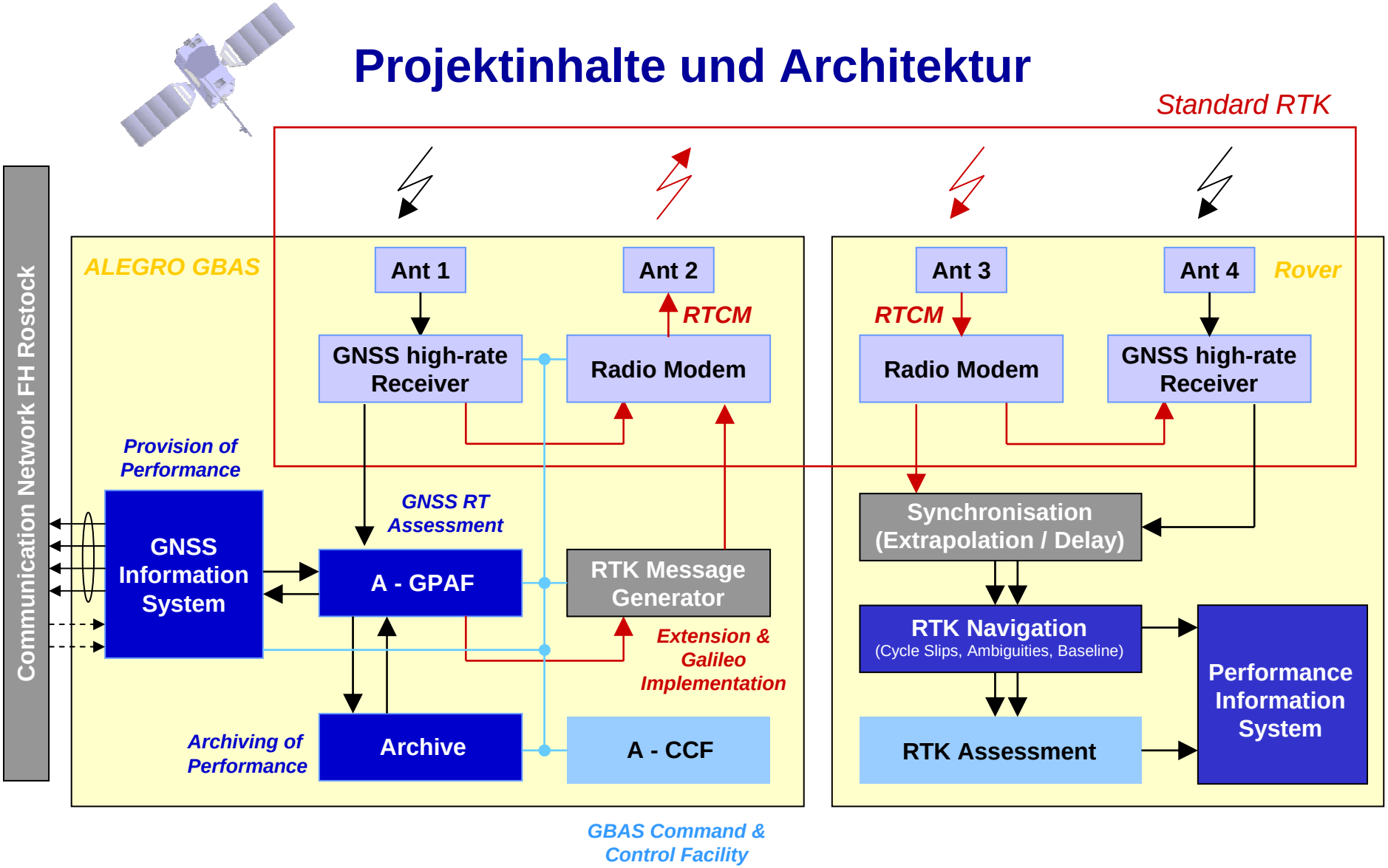
u.a.

Projekt ALEGRO im FH Rostock

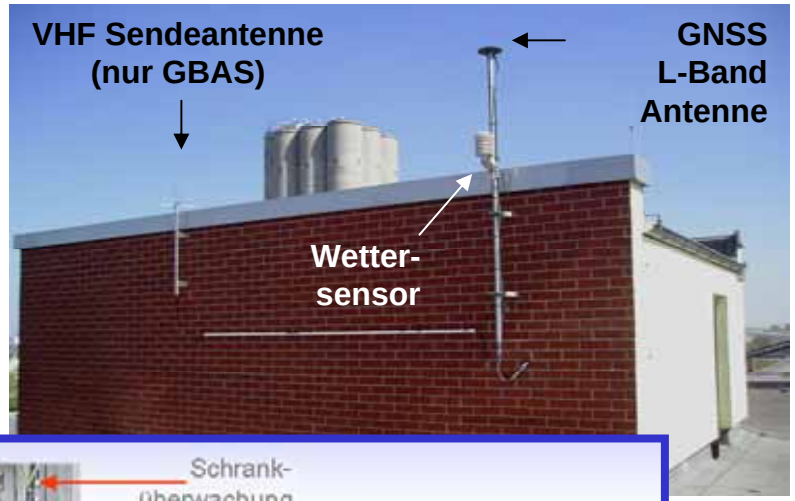
GBAS für maritime „Safety of Life“ Anwendungen

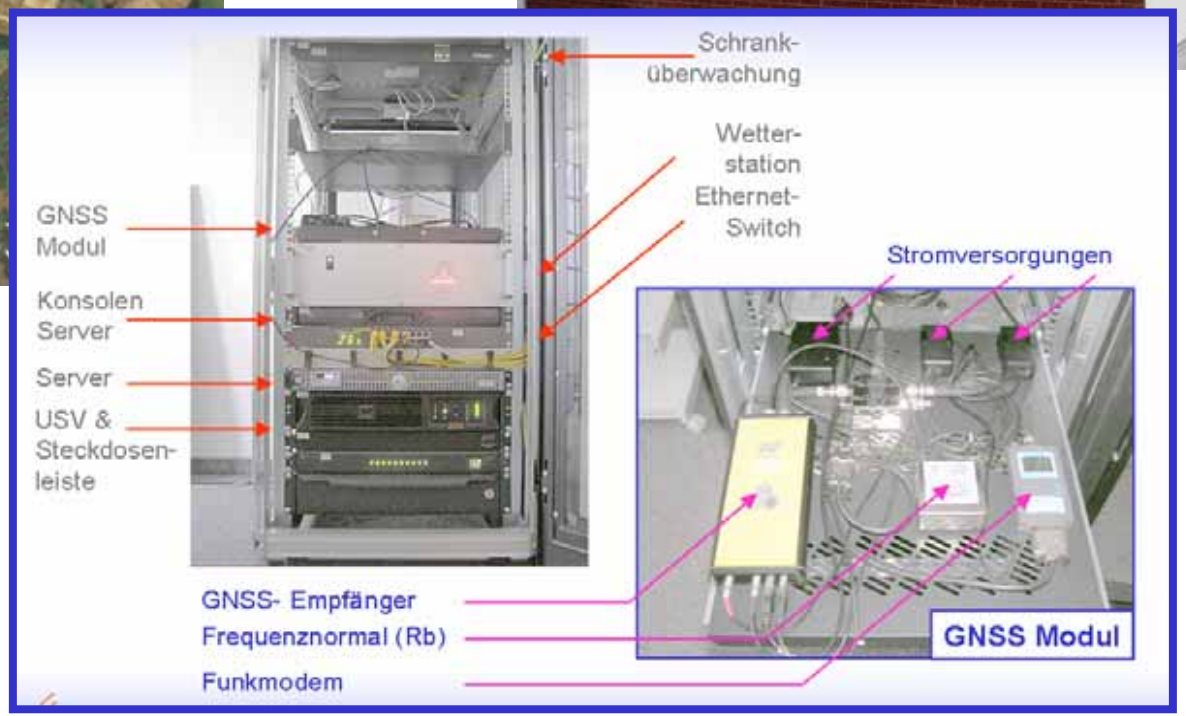
1. **Entwicklung eines GBAS-Experimentalsystems im Hafen Rostock**
   - Echtzeitbewertung des GNSS-Signals und der Positionierungs-Genauigkeiten im lokalen maritimen Umfeld
   - Messungen von SoL - kritischen Einflüssen
2. **Entwicklung und Betrieb einer Real Time GNSS “Assessment Facility”**
   - Bereitstellung (Service) von Korrekturinformationen für die momentane, lokale GNSS-Leistungsfähigkeit (Genauigkeit, Integrität)
   - Adaptive Gestaltung von Navigationsalgorithmen innerhalb des ALEGRO-Systems unter Verwendung der momentanen Signalgüte
3. **Verbesserung des RTK-Verfahrens für maritime SoL-Anwendungen**
   - Mit Signal-Güte kontrollierte Navigationsalgorithmen
   - Eigenüberwachung des GBAS-Systems
   - Vorbereitung einer “multi-carrier” und „multi-system“ Prozessierung (Ausnutzung GALILEO-Eigenschaften)

Projektinhalte und Architektur

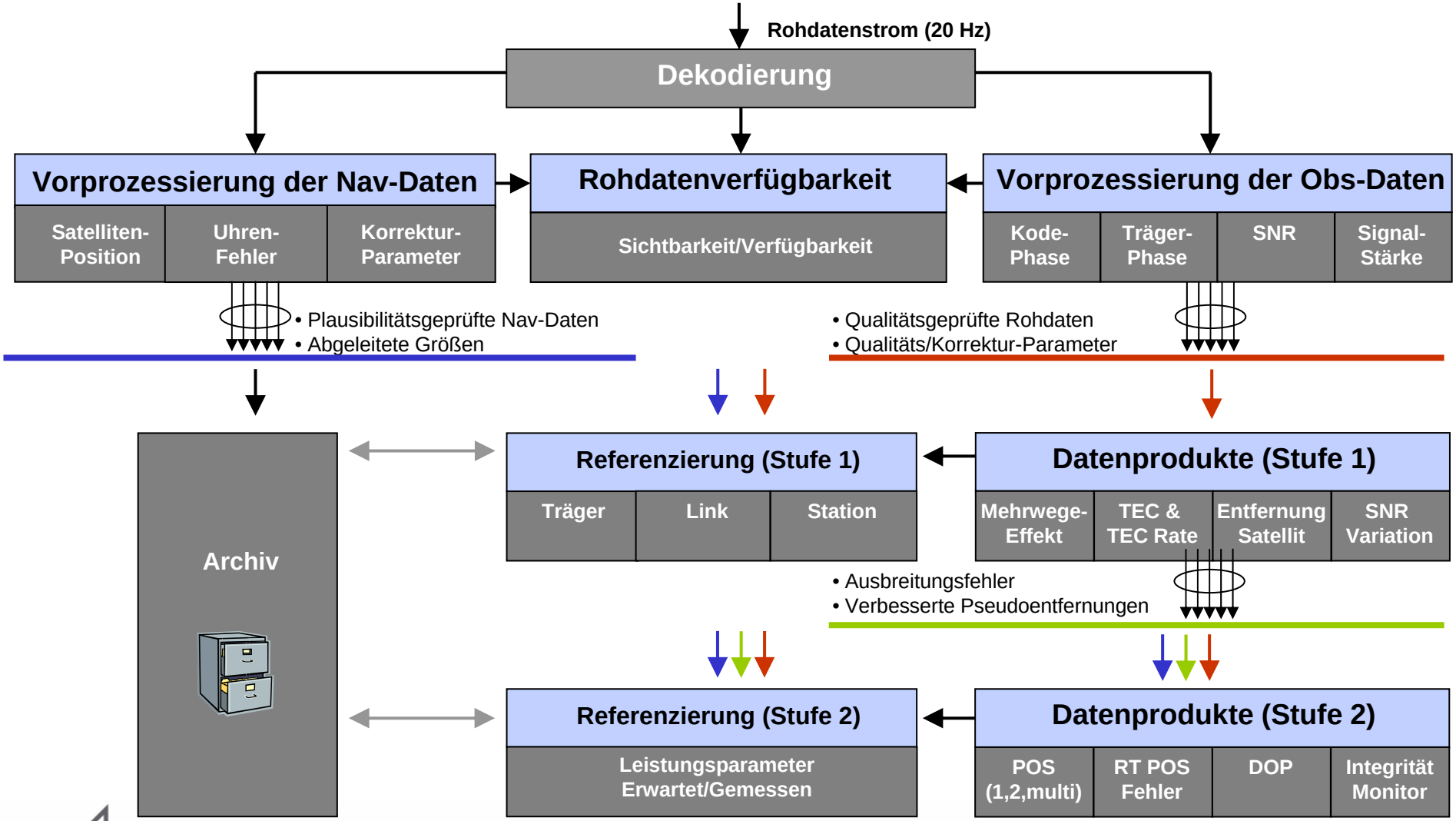


Experimentelle GBAS-Station im FH Rostock



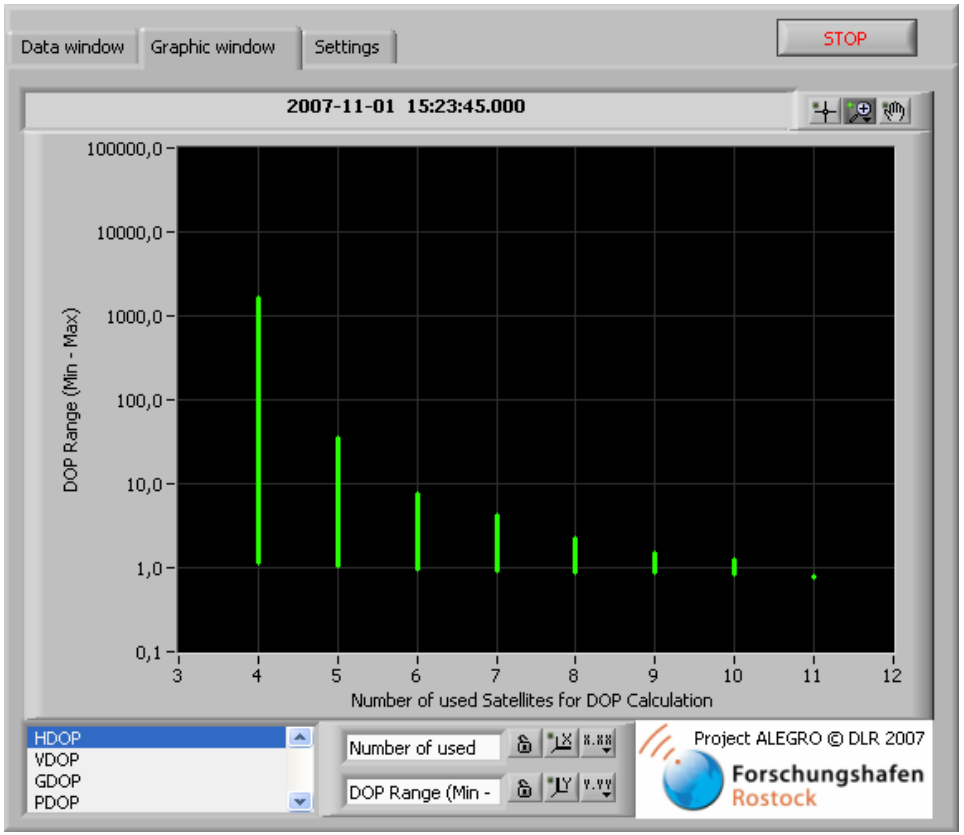


GNSS Performance Assessment Facility



Analyse der Situation in Echtzeit

(Geometrie und Signalqualität)



Real Time Information über den Wertebereich der DOP's in Abhängigkeit von der Anzahl und Kombination getrackter Satelliten

Positionsgenauigkeit ist bestimmt durch

- geometrische Anordnung der sichtbaren Satelliten
- Qualität der genutzten Distanzmessungen ($offset_{Distanz}$, $\sigma_{Distanz}$)

Der DOP Monitor beschreibt den Wertebereich des geometrisch bedingten Positionsfehlers in Bezug auf sichtbare und getrackte Satelliten.

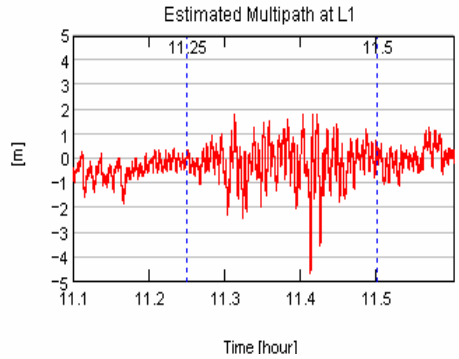
Mit der Kenntnis der Distanzmessfehler ($offset_{Distanz}$, $\sigma_{Distanz}$) ist eine verbesserte Abschätzung der Positionsgenauigkeit gegeben.

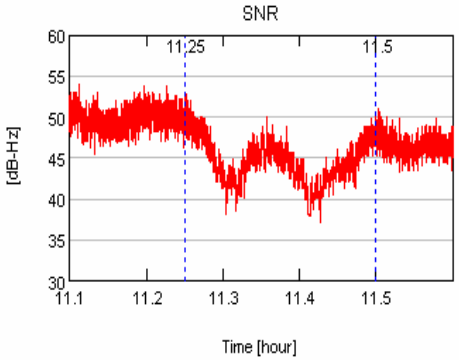
D. Klähn / C. Becker

Qualitätskenngrößen in Echtzeit

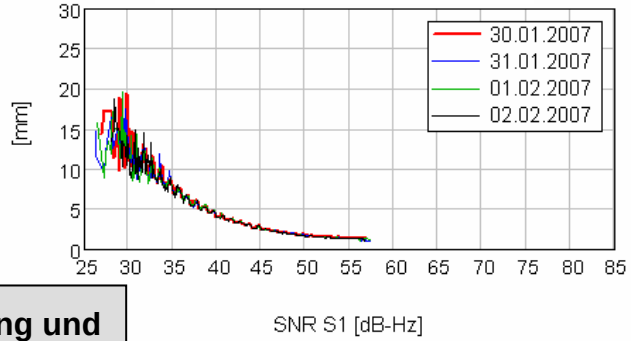
(Fehleranteile und ihre Klassifikation in Echtzeit)

1 **Mehrwegefehler der C/A-Codephase**





L1-Phasenrauschen als Funktion vom SNR 2



Bestimmung der Fehleranteile des GNSS-Signals in Echtzeit 1

Tageweise Modellierung und Archivierung des Referenzverhaltens 2

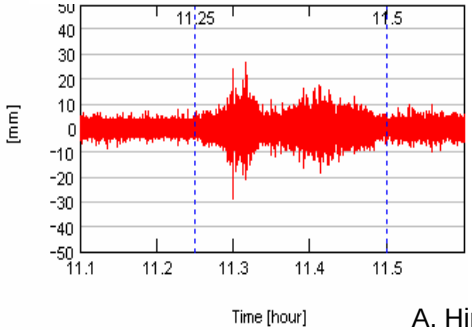
Bewertung der Fehler-Anteile 3

a) im dynamischen Echtzeitmodell
b) in Bezug auf Referenzverhalten

Situationsbezogene Steuerung der Navigationsverfahren

- GBAS Korrekturdaten
- Positionsbestimmung
- Integrität der Position

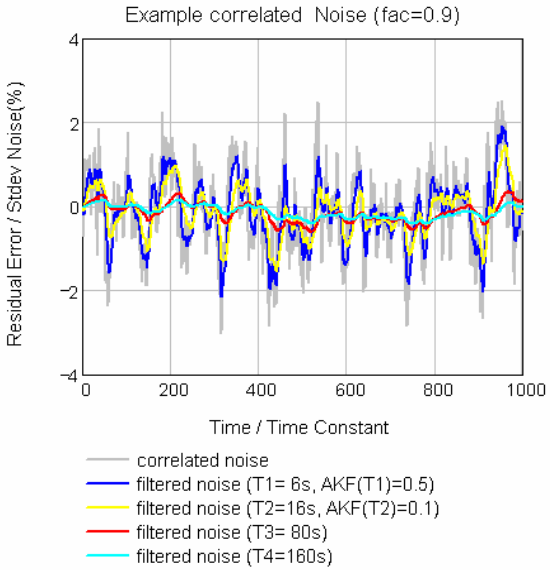
Erhöhtes Phasenrauschen in Folge Multipath 3

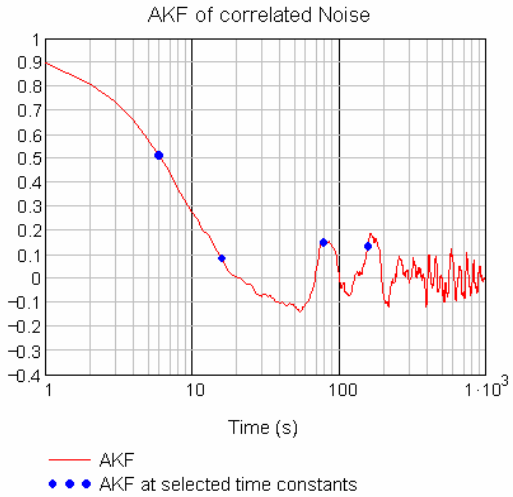


A. Hirrle / E. Engler

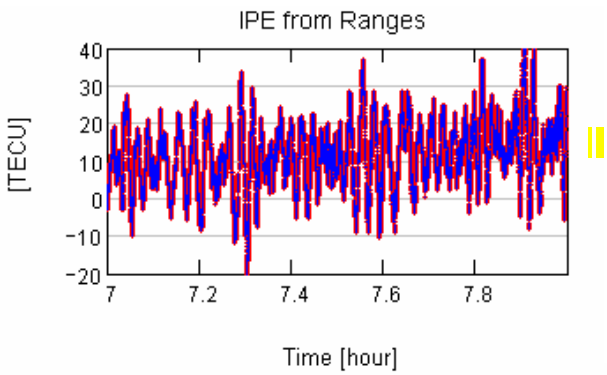
Messwertveredelung

Korrekturgrößen und Distanzmessungen

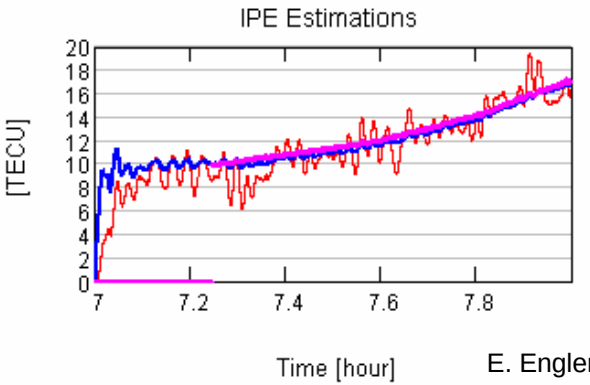




Validierung und Optimierung von Algorithmen mit simulierten und experimentell gewonnenen Daten.



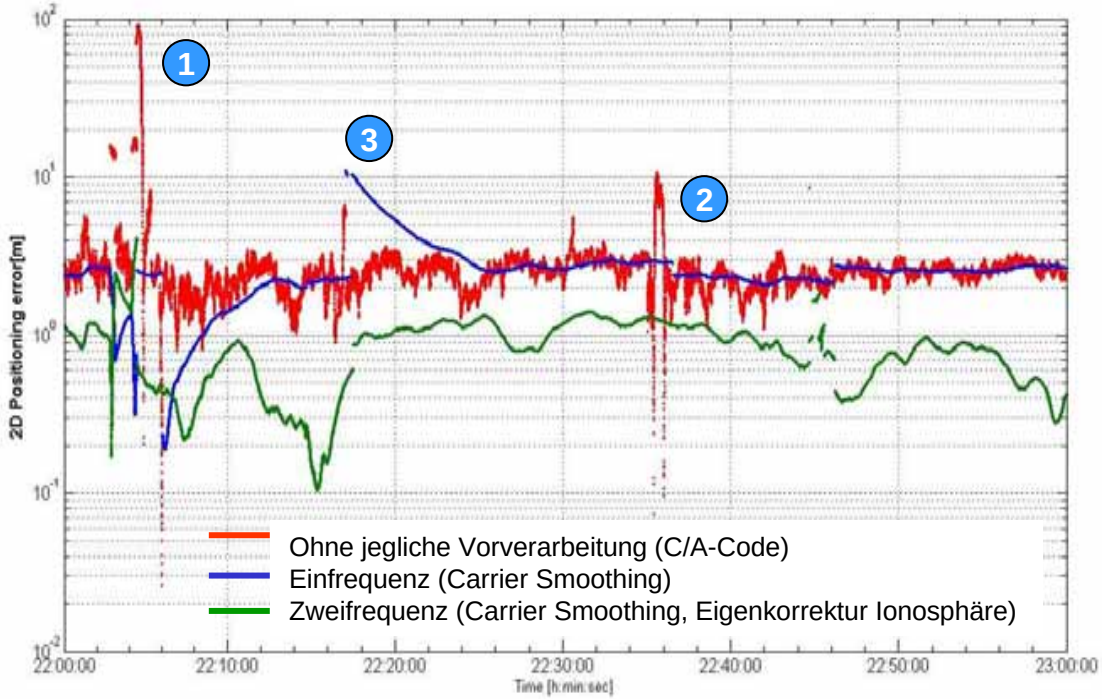
Echtzeitkorrekturwerte unterliegen selbst einer zeitveränderlichen Qualität.



E. Engler

Positionsgenauigkeit

(Auswirkung von Ausbreitungsfehlern)



J. Beckheinrich

1 Ohne Vorverarbeitung verursacht der Mehrwegefehler auf dem PRN 3 Signal einen Positionsfehler von bis zu 90 m.

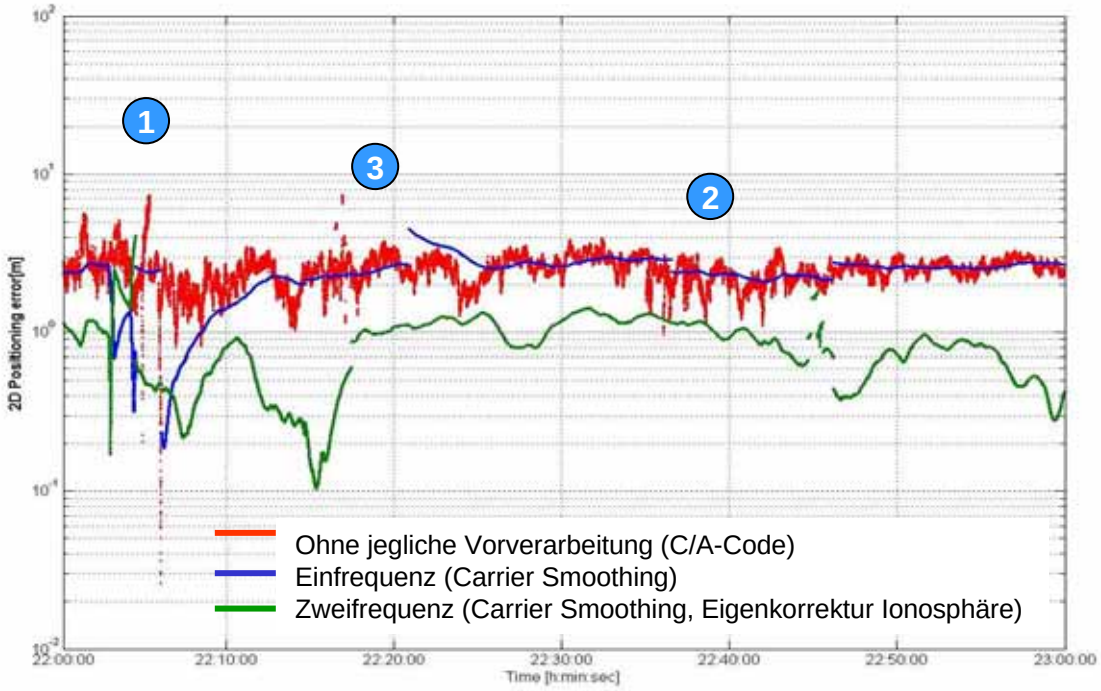
1 2 Aus der Vorverarbeitung nutzbare Korrekturen reduzieren oftmals Ausreißer in der Positions-genauigkeit. Mit Verbesserung der Korrekturen steigt die Genauigkeit.

3 Filterungsbasierte Korrekturen unterliegen einer zeitabhängigen Qualität. Ein temporär erhöhtes Fehlerbudget (Unter- bzw. Überkorrektur) ist die Folge.

Positionsgenauigkeit

(DIA-Verfahren – Detection, Identification, Adaption)

Horizontaler Positionsfehler



J. Beckheinrich

1 2 3 Das DIA-Verfahren ist in der Lage, GNSS-Signale mit erhöhtem Fehlerbudget (mit und ohne Vorverarbeitung) zu identifizieren und von der Positionsbestimmung zeitweise auszuschließen.

1 2 3 Intelligente Vorverarbeitung und das DIA-Verfahren bei der Positionsbestimmung sind ergänzende Verfahren zur Erhöhung der Genauigkeit und Verlässlichkeit der Position.

1 3 Weitere Verbesserung (FuE-Ansatz)

- Eigenbewertung ermittelter Korrekturen in Echtzeit
- Situationsangepasste Messmodelle zur Konditionierung
- Optimierung DIA-Verfahren

Studien-, Diplom- und Promotionsarbeiten sowie JuWi-Stellen am IKN

in den Themenbereichen

Antennen
GNSS - Signalverarbeitung
GNSS - Signalausbreitung
Jamming und Interferenzen
GNSS - Validierung (Signal / Daten)
Ground Based Augmentation (Luft- und Seefahrt)
Integrierte Navigationsterminals (GNSS++, Indoor, Rail,..)

siehe

http://www.dlr.de/kn/

>> Offene Stellen
>> Diplomarbeiten
>> Praktika & Werkstudenten

- Tätigkeitsbeschreibung (Projektbezug)
- Ansprechpartner
- Arbeitsort

  OP = Oberpfaffenhofen (SW München)
  NZ = Neustrelitz (N Berlin)

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Mehr Informationen:
Evelin.Engler@dlr.de
+49 3981 480-147