

A small satellite with solar panels is shown in orbit above the Earth's horizon.

GATE

Die Galileo Test- und Entwicklungsumgebung in Berchtesgaden:

Ein weiterer Schritt in Richtung Europäisches
Satellitennavigationssystem

Roland Kaniuth

Wetzell, 12. Juni 2008

Inhalt

- **Galileo**

- ▶ Nutzen, Zeitplan, Entwicklungsschritte

- **GATE**

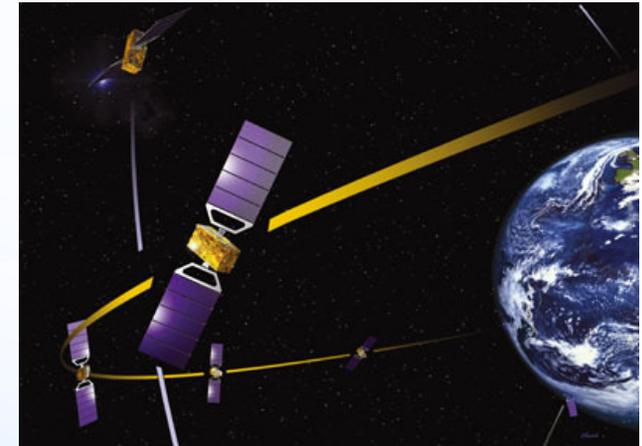
- ▶ Die Idee, das Konsortium, der Projektstatus
- ▶ Die GATE Segmente
- ▶ Die GATE Betriebsmodi
- ▶ Tests und erste Positionierungsergebnisse
- ▶ Ausblick

- **Fragen / Diskussion**



Was ist Galileo?

- Zukünftiges europäisches Satellitennavigationssystem
- 27+3 Satelliten in 23300km Höhe
- Interoperabel mit GPS und GLONASS
 - ⇒ Ergänzung zu GPS/GLONASS
- Zugesicherte Leistung (Integrität)
- 5 Dienste, 3 Frequenzen (E1, E5, E6)
 - ▶ OS ⇒ Open Service
 - ▶ SOL ⇒ Safety Of Life
 - ▶ CS ⇒ Commercial Service
 - ▶ PRS ⇒ Public Regulated Service
 - ▶ SAR ⇒ Search And Rescue



A photograph of a satellite in orbit above the Earth's horizon, showing the planet's blue and white atmosphere against the blackness of space.

Anwendungen und Nutzen von Galileo

- Technologieträger für Europa
- Schaffung von Arbeitsplätzen und Förderung der europäischen Industrie
- Im Gegensatz zu GPS und GLONASS → nicht militärisch
- Services für neue Anwendergruppen
- Zugesicherte Leistungen (Zuverlässigkeit, Genauigkeit, Glaubhaftigkeit)



- **Ursprüngliche Planung: operationell Ende 2008**
- **Mitte 2008 (GIOVE-B)**

Galileo Entwicklungsschritte



1. Galileo Signal Generator

- ESA intern, nicht öffentlich



2. Test Satelliten GIOVE A & B

- ESA intern, nicht öffentlich



3. Galileo Test Satelliten

- Öffentlich nutzbar, aber zu wenige

4. Volle Galileo Konstellation

- verfügbar



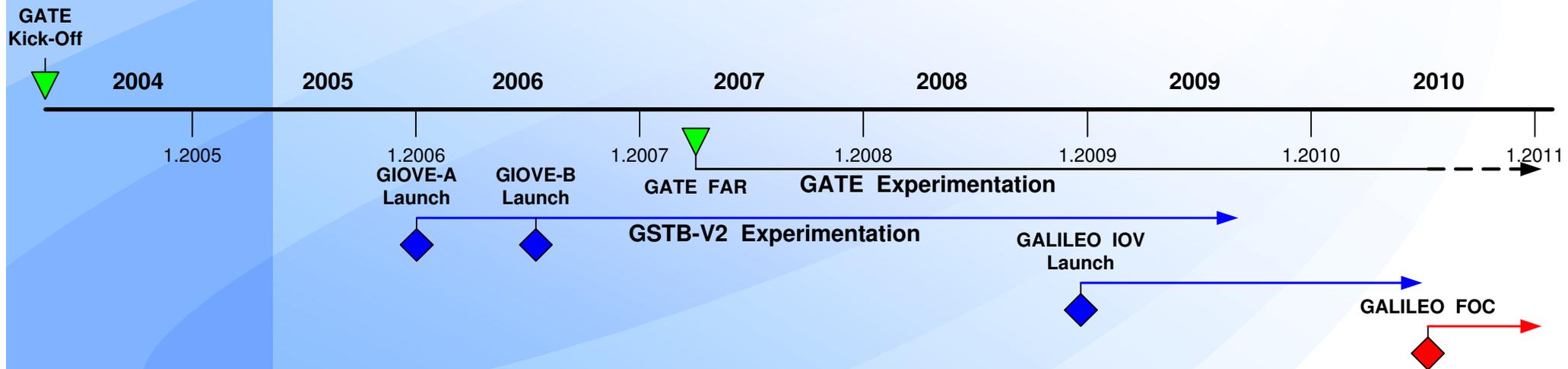


Die Motivation für GATE



● Warum GATE?

- **Lücke** in der ESA Entwicklung: **Vom Labor in den Orbit.**
- **Zwischenschritt:** Bodengebunden, aber reale Positionierung!
- ☞ **Eine Infrastruktur für kommerzielle Entwicklungen!**





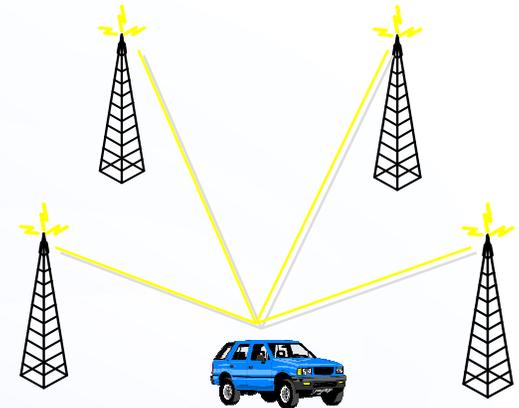
Die Idee von GATE



● Was ist GATE?

- ▶ Bodengebundene Testeinrichtung
- ▶ Positionierungssystem

basierend auf terrestrischen Sendestationen



● Ziele von GATE

- ▶ Unterstützung für die **Galileo System-Entwicklung**
 - Erstes auf Laufzeitmessungen basierendes Positionierungssystem in Europa!
- ▶ Unterstützung für **Galileo Empfänger-Entwicklung**
- ▶ Unterstützung für **GNSS basierte Anwendungs-Entwicklung**
 - Reduzierung der 'Time-to-Market'
 - Vorbereitung für Galileo: 'Galileo Ready'

Das GATE Projekt

● Wer finanziert GATE?

- ▶ Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)



● Wer ist der Kunde?

- ▶ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR-RM)



● Wer wird GATE entwickeln?

- ▶ IfEN GmbH mit einem Konsortium aus 9 Firmen/Instituten



● Wer wird GATE betreiben?

- ▶ German Space Operating Centre / GSOC (DLR-RB)



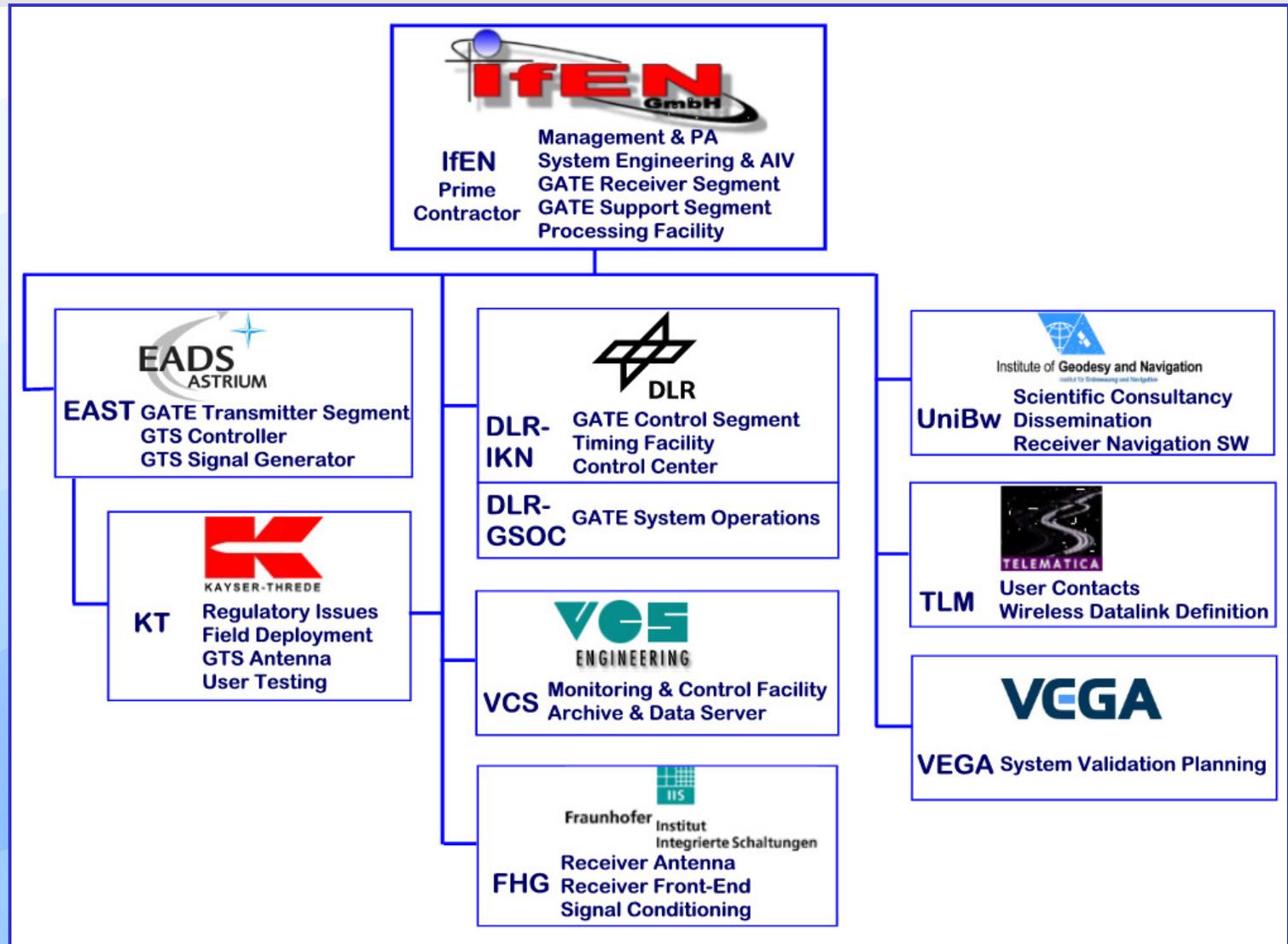
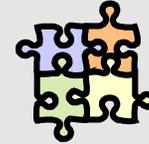
● Was wird GATE bieten?

- ▶ Bodengebundene Galileo Test Infrastruktur, zugänglich für jeden
- ▶ Derzeit unterstützt GATE den **Galileo OS** (in Zukunft auch SoL, CS, ...)





Das GATE Konsortium





GATE Projekt Status

- Phase A/B abgeschlossen im Juni 2003 (PDR).
- Phase C/D gestartet im Mai 2004.

06.05.2004
Kick-Off

29.09.2004

Consolidation

1.6 1.7 1.8 1.9

Detailed Design

25.04.2005

1.10 1.11 1.12 1.1 1.2 1.3 1.4

Operational Prototypes

21.06.2006

Manufacturing

18.09.2006

Experimentation

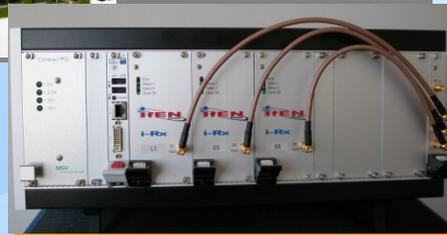
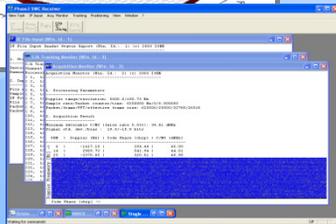
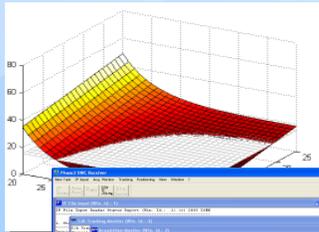
17.04.2007

AIV

20.06.2007

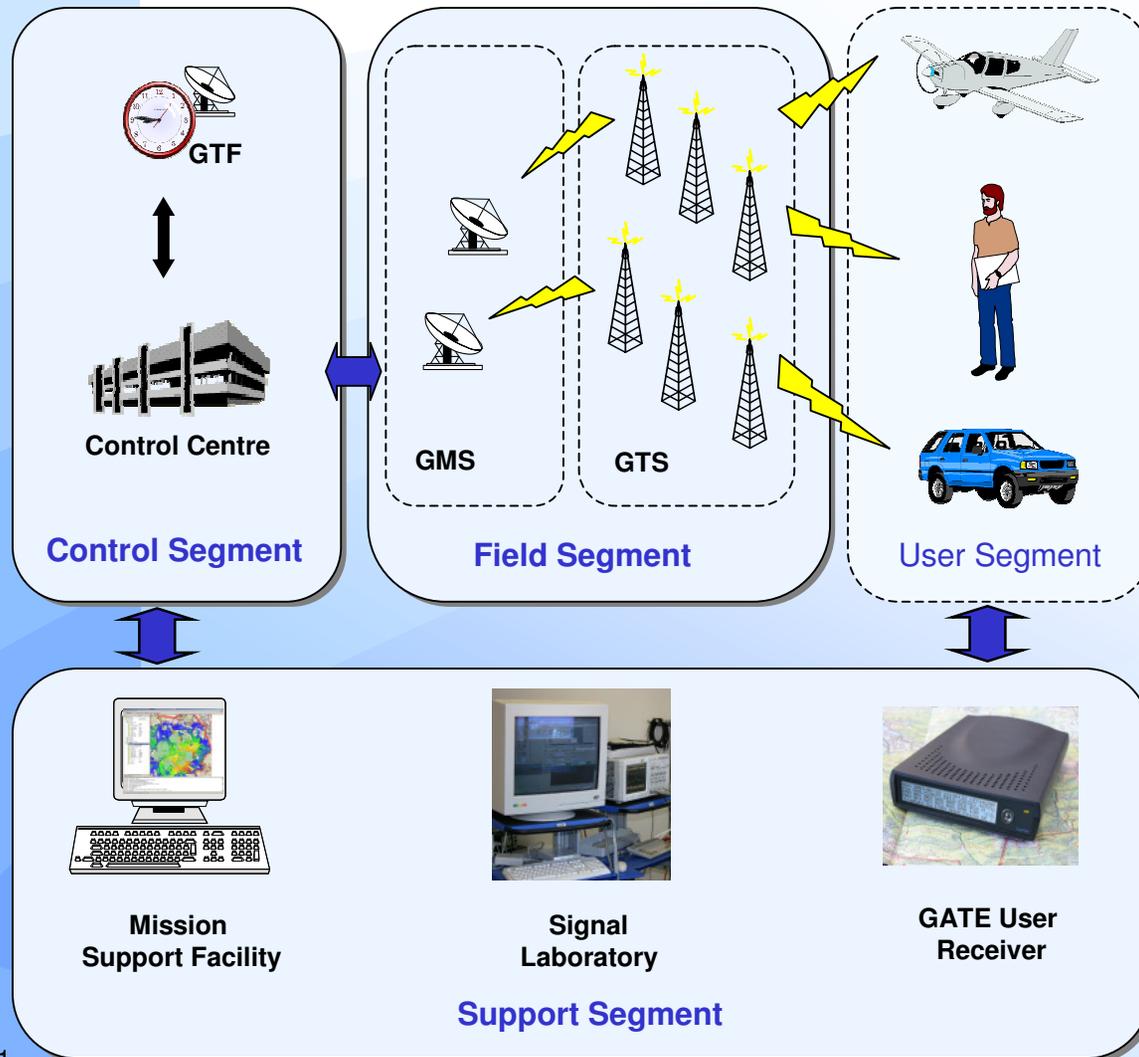
Test-Op

Q2/2008
Operation





Die GATE Infrastruktur



Field Segment:

- Sendestationen
- Monitor Empfänger

Control Segment:

- Monitoring & Control beim DLR-GSOC
- Time-Facility beim DLR
- Processing Facility
- Archive & Data Server

Support Segment:

- Mission Support Fac.
- GATE User Terminal

User Segment:

- 'General Galileo Rx'

GATE – Transmit Segment (Standorte)

GTS1: Grünstein



GTS2: Hirschkaser



GTS3: Stöhrhaus



GTS4: Kneifelspitze



GTS6: Jenner



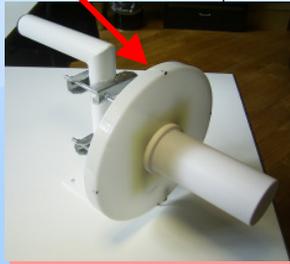
GTS5: Kehlstein



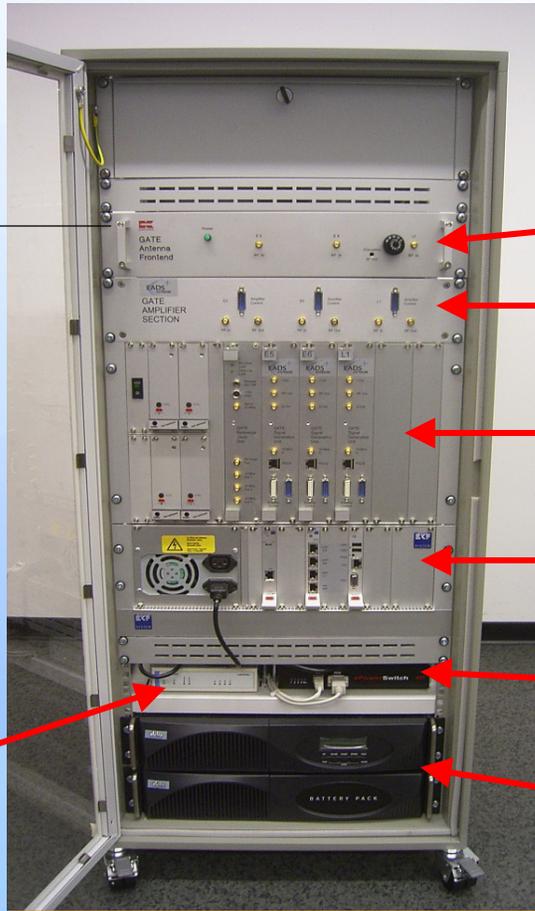
GATE – Transmit Segment (GTS)

- 6 terrestrische GATE Sendestationen
- Abstrahlung aller Galileo Frequenzen
- Flexible Signal Generatoren
- Stabile Atomuhren

Sendeantenne



ISDN Router



Mischer + Verstärker

Vorverstärker

Signal Erzeugung

Netzteil + Steuerungs PC

E-Power Switch

Unterbrechungsfreie
Stromversorgung

GATE – Monitor Station (GMS)

- 2 GATE Monitor Stationen
 - ▶ Monitor Empfänger + Antenne
 - ▶ Monitoring aller Galileo Frequenzen
 - L1, E5a / E5b, E6

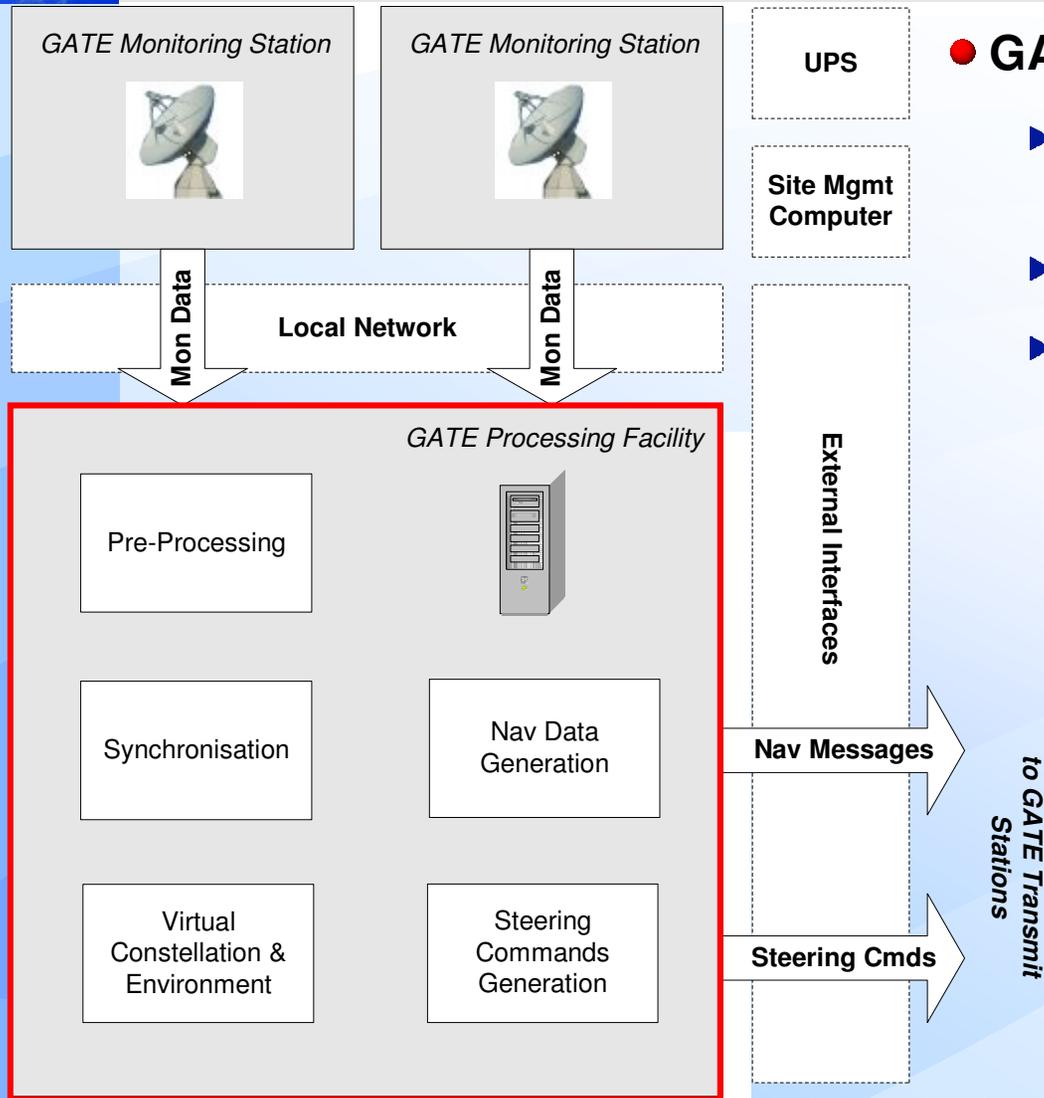
GMS: Sulzberg / Maderegg



GATE Monitor Empfänger (GMRx)



GATE – Processing Facility (GPF)



● GATE Processing Facility

- ▶ Echtzeit Schätzung der Systemparameter
- ▶ Erzeugung der Navigationsdaten
- ▶ Kommandierung Signalgeneratoren



GATE – Monitor & Control Facility (GMCF)

Man-Machine Interface

- ▶ Überblick über das gesamte System inklusive Nutzer.
- ▶ Status Anzeige aller GATE System Elemente.

GTS1 Detail View
High-Level Monitoring

GTS Mode: **Transmission**

E5	PRNCodeRate	BOCState	BOC Frequency	BOCPhase	LenPrimCode	LenSecCode
E5A-I:	110	OK	120	0 degree	130	110
E5A-Q:	111	Error	90 degree	131	111	
E5B-I:	112	OK	122	180 degree	132	112
E5B-Q:	113	Error	270 degree	133	113	

E6	PRNCodeRate	BOCState	BOC Frequency	BOCPhase	LenPrimCode	LenSecCode
E6-A:	10	OK	20	0 degree	30	40
E6-B:	11	Error	21	90 degree	31	41

GATE Overview Monitor
System Time: 29.09.2005 11:34:56

GATE Status
GATE Overall State: ■
GTS States: ■ ■ ■ ■
Current GATE Mode: Init Mode
Current Experiment: 0

Gate Components

Component	Version	State	Mode
GATE Users (GUT1, GUT2, GUT3)		off	Test
GTS1		off	Test
GMS1		off	Test
GTF1		off	Test
GMCF		active	Test
GPF		off	Test
Meteo Station			
GADS		unknown	

Test Area Map: Shows a topographic map of a region with various locations like Grobstein, Eishofen, Markt, and Bischofswiesen.

GTF Details MMI

GTF1
GPS Receiver: 0
Status: ■
Role: Master
Measurements Status: OK
Ephemeris Status: OK
Offsets: GAST-TAI Offset A0: 0.0, GAST-TAI Offset A1: 0.0, UTC-TAI Offset: 0.0

GTF2
GPS Receiver: 0
Status: ■
Role: Master
Measurements Status: OK
Ephemeris Status: OK
Offsets: GAST-TAI Offset A0: 0.0, GAST-TAI Offset A1: 0.0, UTC-TAI Offset: 0.0



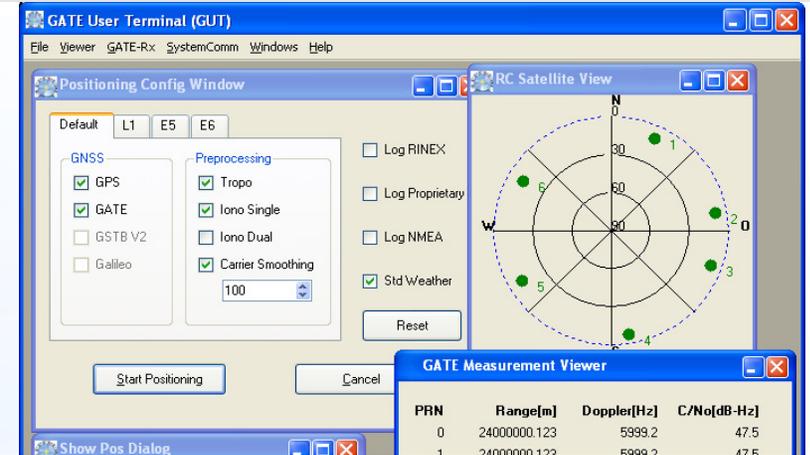


GATE – User Terminal (GUT)



GURx (2x):
- Standard GATE User Receiver mit **3 Frequenzen**.

GURx-Light (1x):
- kleiner, leichter, Aber **nur eine Frequenz**.



GATE User Terminal (GUT) - [GATE Short Term Plan]

Experiment ID	Start Time	End Time	GATE Mode
1	000018465	09:30:00	11:00:00
2	000019010	12:30:00	15:00:00

GATE Status Overview

System Status: **Service Level C: Degraded Service**

Current GATE Mode: Extended Base Mode (EBM)
Current experiment ID: 15:14:46

GTS Status: **GTS 1** **GTS 2** **GTS 3** **GTS 4** **GTS 5** **GTS 6**

Detailed Status GTS 5: Initialized

<< Hide Details

Map Overlay

Define the overlay to be displayed on the map:

- None
- Terrain heights
- Visibility values
- HDOP values
- VDOP values
- Forbidden areas

Display the overlay from the simulation data file currently loaded
 Display the overlay for a particular constellation of GTS transmitter

GTS 1 GTS 2 GTS 3 GTS 4 GTS 5 GTS 6

OK Cancel

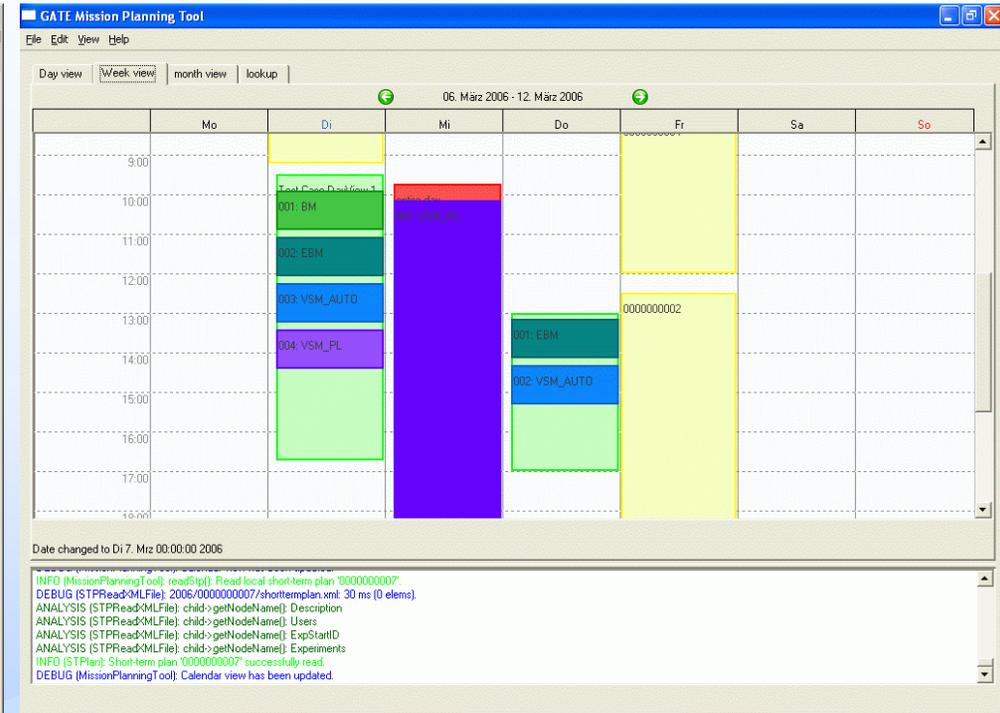
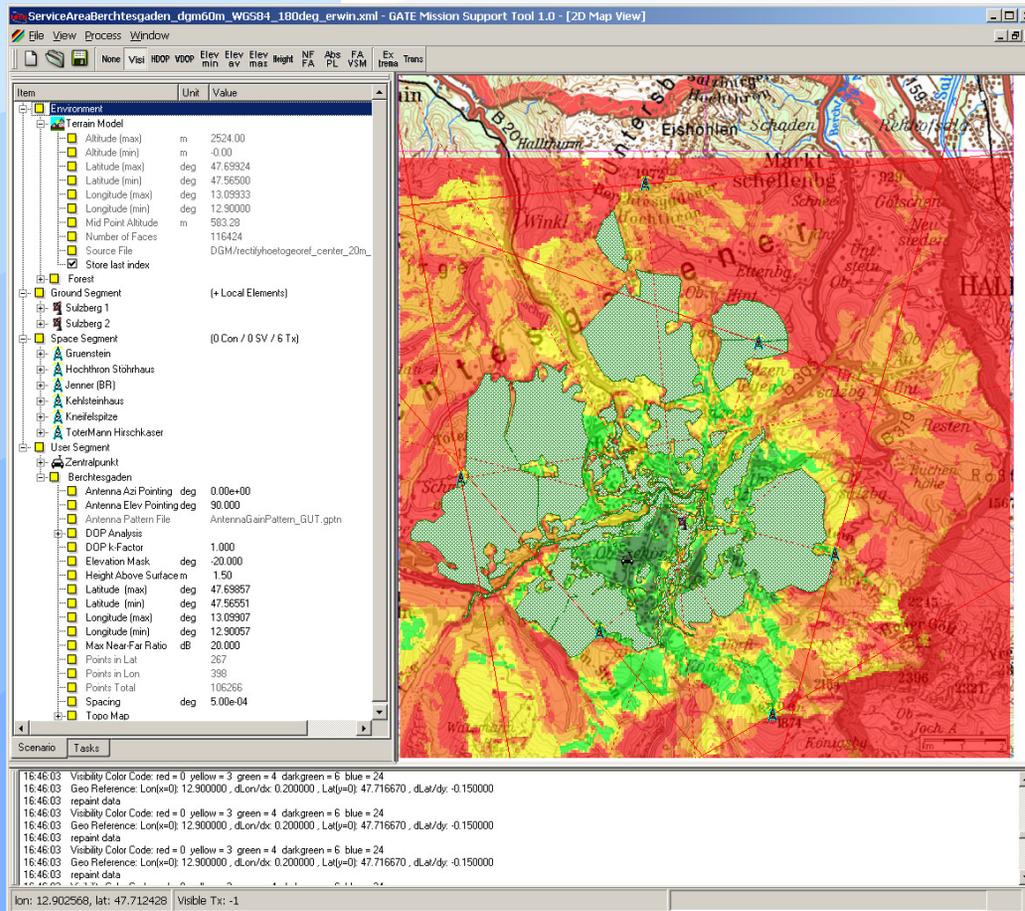
Notebook / Tablet PC mit Navigations Software



GATE – Mission Support Facility (GMSF)

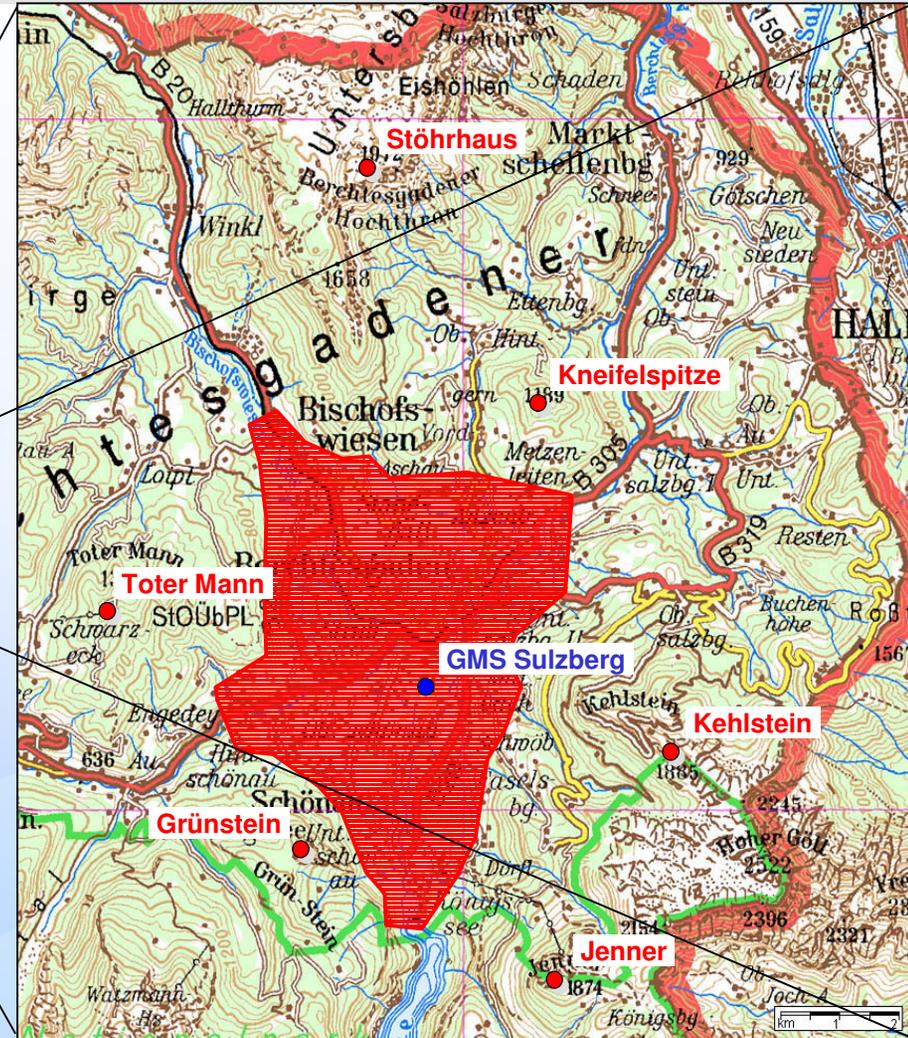
Service Volume Simulator

Missions Planungs Software



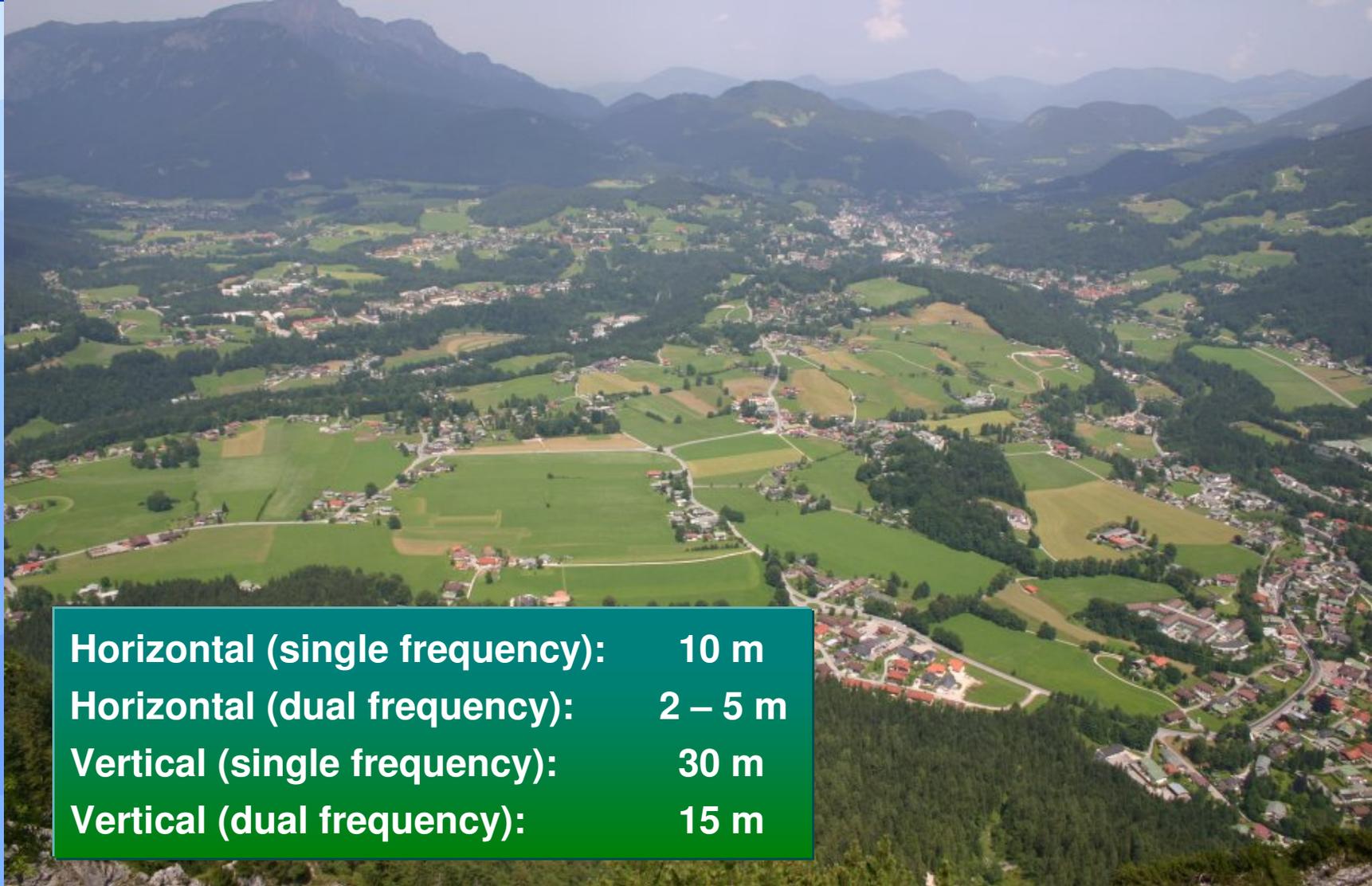


GATE Test Gebiet Berchtesgaden



- **Größe**
Ca. 65 km²
Kern Gebiet: 25 km²
- **Merkmale (Kerngebiet)**
 - ▶ HDOP < 2
 - ▶ VDOP 6 – 20
 - ▶ Elevation angles: Ø10 – 15 °

Positionierungs-Genauigkeit in GATE

An aerial photograph of a valley with green fields, a small town, and mountains in the background. The image is partially obscured by a blue gradient on the left side.

Horizontal (single frequency):	10 m
Horizontal (dual frequency):	2 – 5 m
Vertical (single frequency):	30 m
Vertical (dual frequency):	15 m

A photograph of a satellite in orbit above the Earth's horizon, showing solar panels and various instruments.

GATE Betriebs Modi (1)

- **Base Mode (BM)**
 - ▶ GTS senden Signale mit konstanter Leistung.
 - ▶ **Unbegrenzte Anzahl an Nutzern** im Testgebiet kann bedient werden.

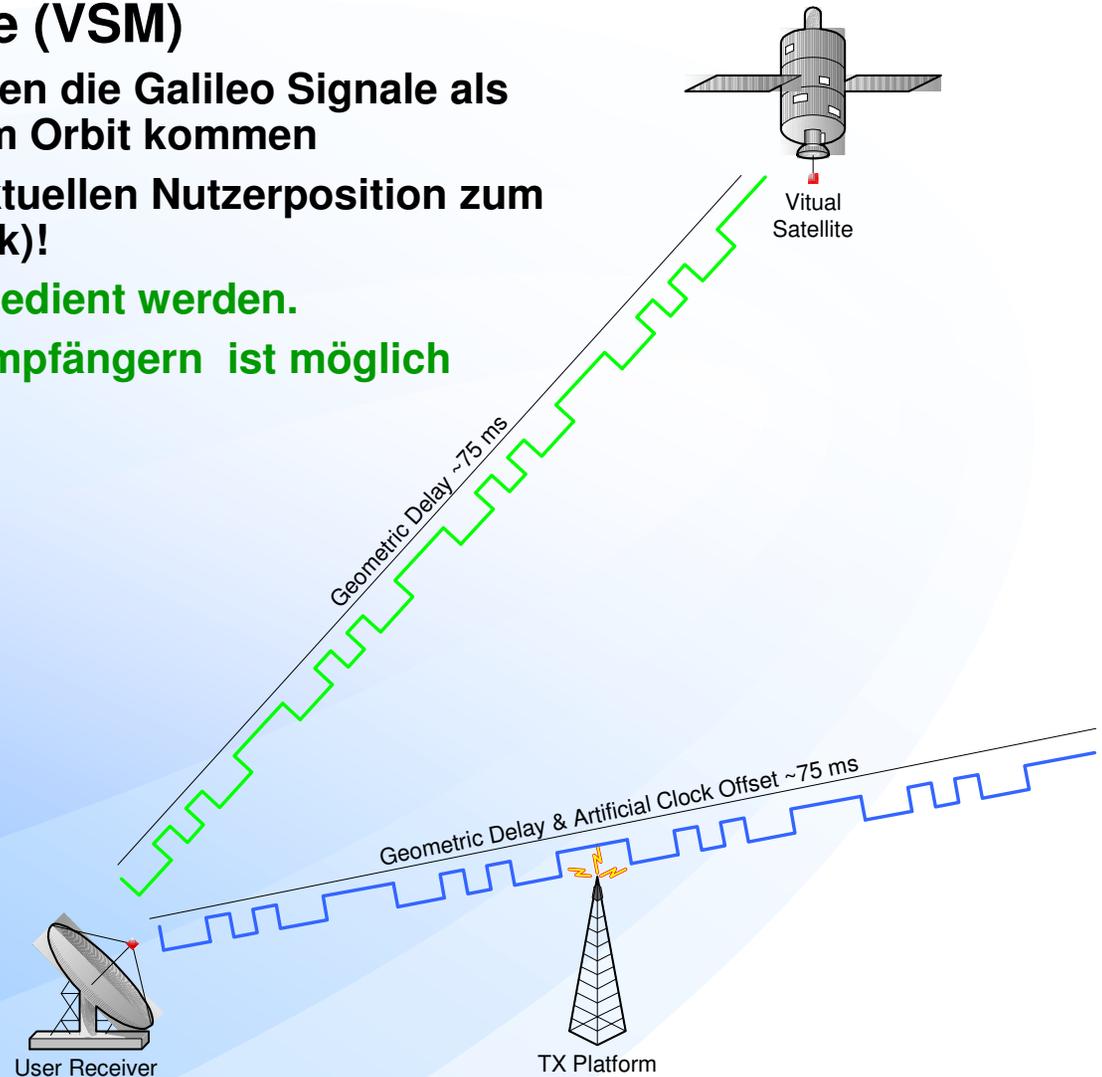
- **Extended Base Mode (EBM)**
 - ▶ **Dynamische Anapassung der Signalstärke** optimiert für die aktuelle Position des Nutzers im Testgebiet.
 - ▶ **Nur ein Nutzer** innerhalb des Testgebietes kann bedient werden (Rückmeldung der aktuellen Nutzerposition zum System über Datenlink).

- **GATE Empfänger nötig**

GATE Betriebs Modi (2)

● Virtual Satellite Mode (VSM)

- ▶ GATE Sender emulieren die Galileo Signale als würden diese aus dem Orbit kommen
(Rückmeldung der aktuellen Nutzerposition zum System über Datenlink)!
- ▶ Nur ein Nutzer kann bedient werden.
- ▶ Nutzung von Fremdempfängern ist möglich

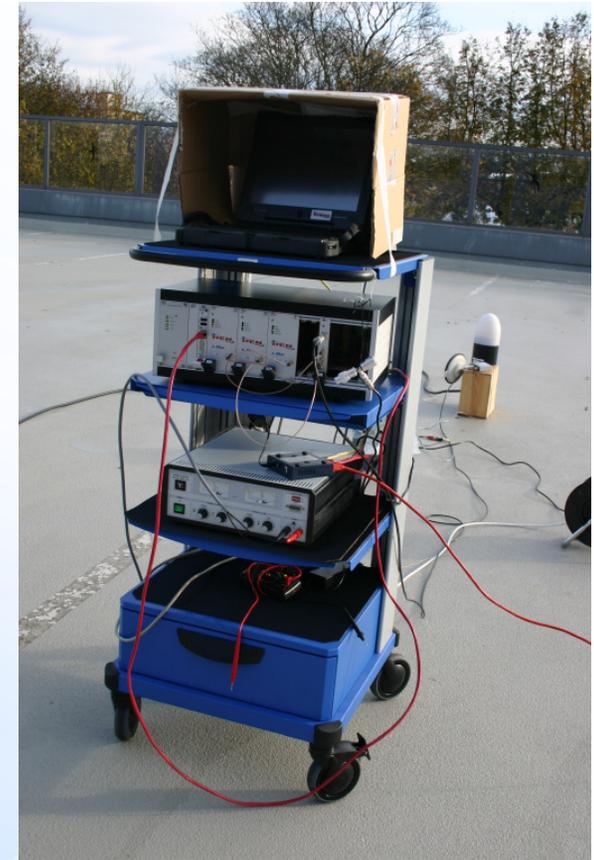
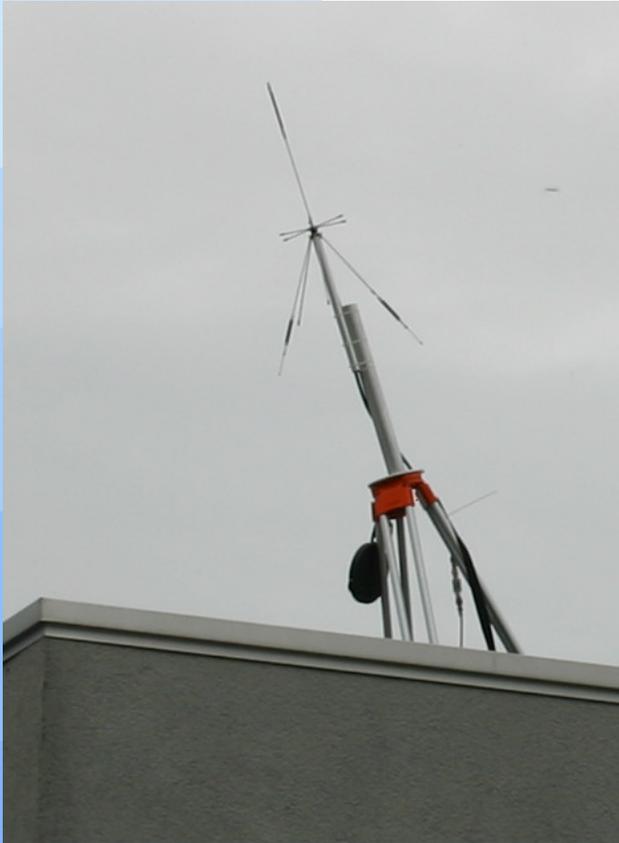


GATE Loop Tests in Poing





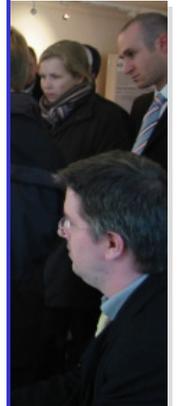
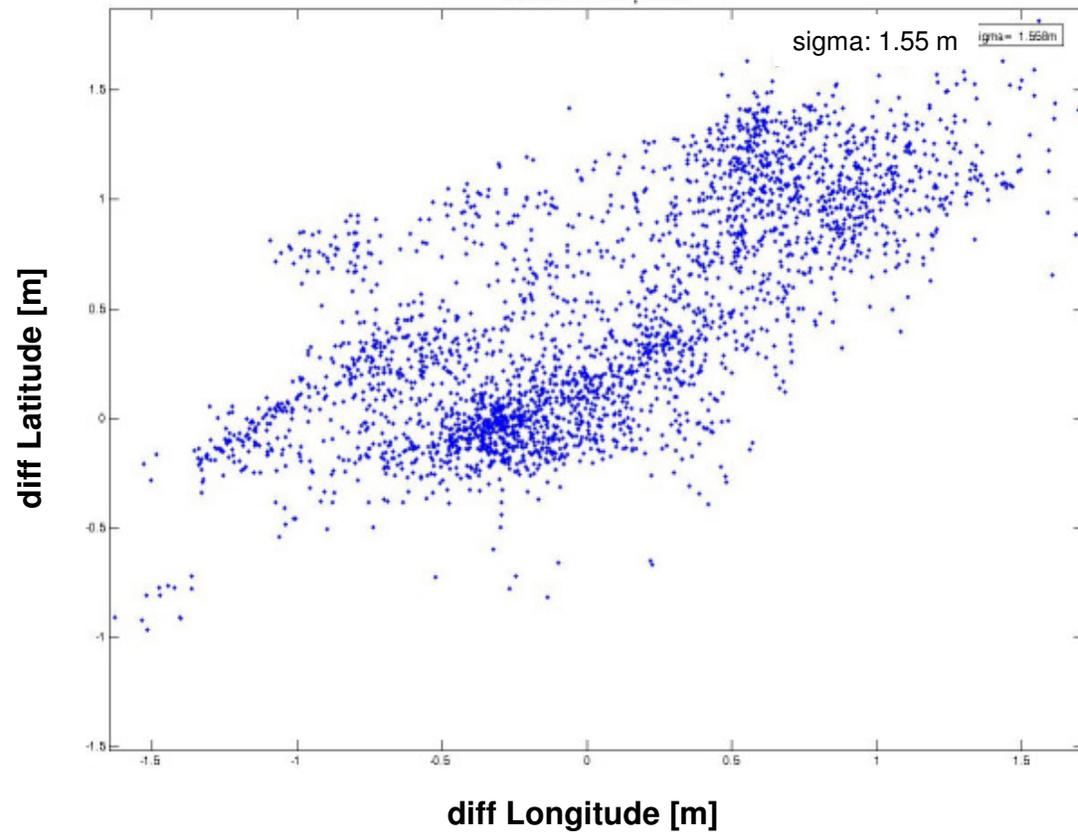
GATE Loop Tests in Poing





Erste Positionierung mit echten GALILEO Signalen

- Demonstration der weltweit ersten **2D Positionierung ausserhalb eines Landes** am **2^{en} in** **hmen** **2006.**



GATE Tests in Berchtesgaden

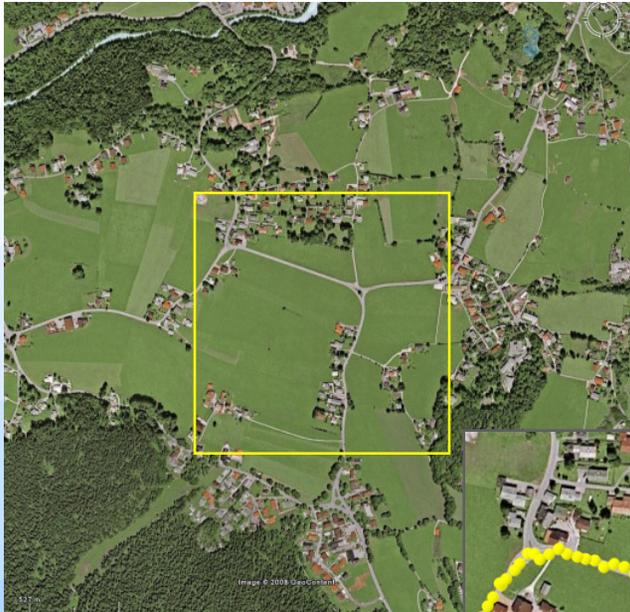


GATE Tests in Berchtesgaden



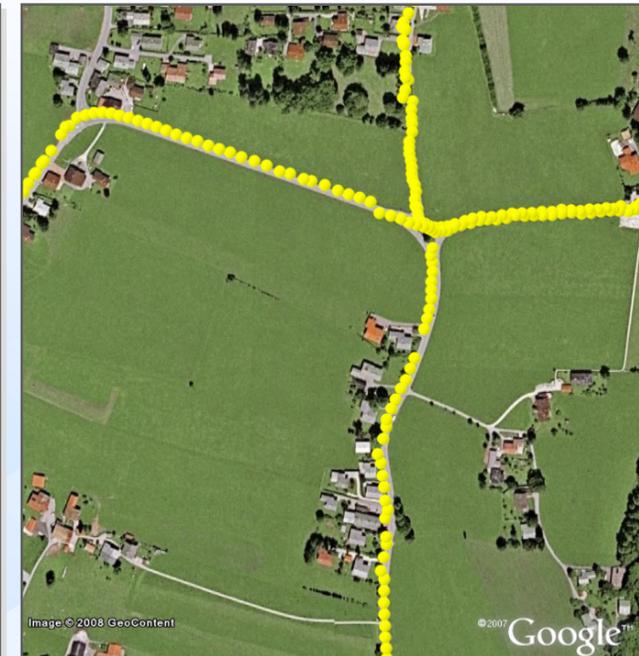


Positionierung mit echten GALILEO Signalen



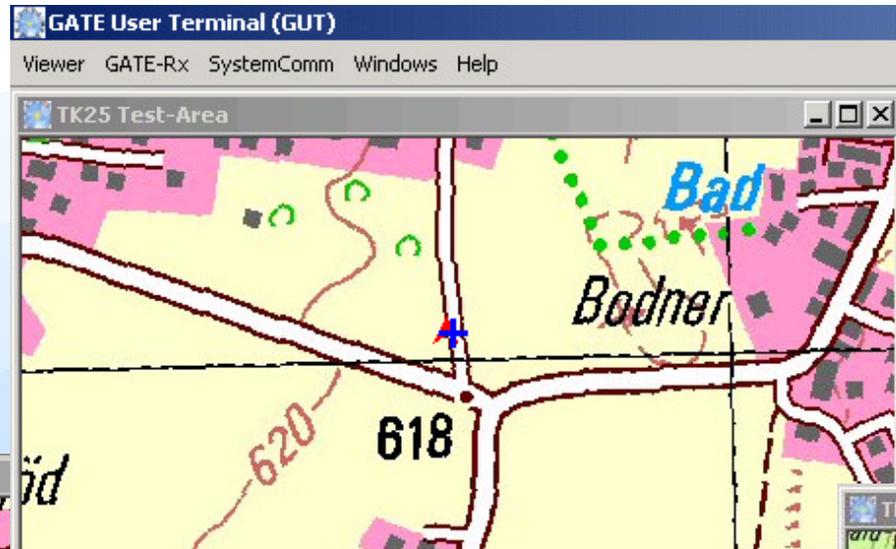
Testmessungen im EBM südlich von Berchtesgaden

Galileo L1 Galileo E5b





Statische Positionierung

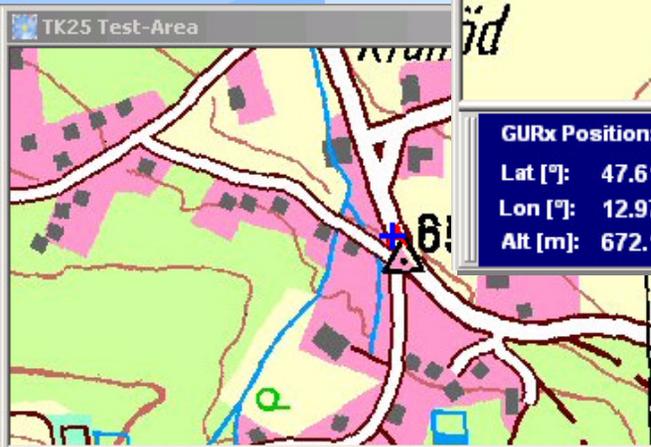


GURx Position:	Number of SVs:
Lat [°]: 47.6107	6
Lon [°]: 12.97454	Difference GPS-GURx [m]:
Alt [m]: 672.184	E: -5.72592 N: 2.33054

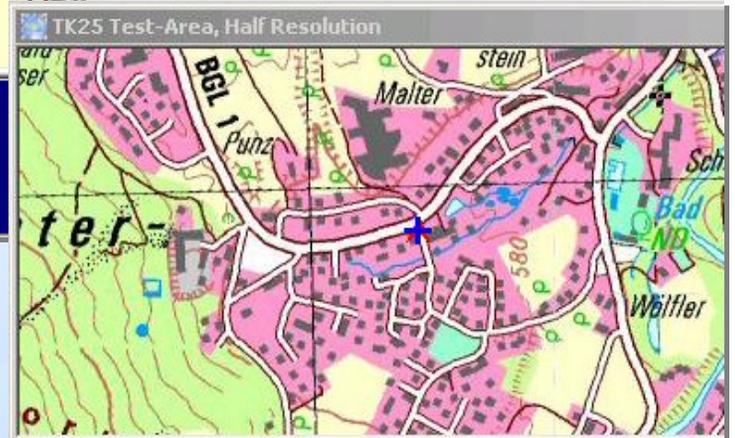
Beispiele von der GATE User Terminal SW:

- GATE Position (kombiniert L1/E5) vs. GPS position
- Anzahl der empfangenen GATE Transmitter

+ GATE ▲ GPS



GURx Position:	Number of SVs:
Lat [°]: 47.60825	5
Lon [°]: 12.96133	Difference GPS-GURx [m]:
Alt [m]: 724.806	E: 1.40551 N: -1.50764

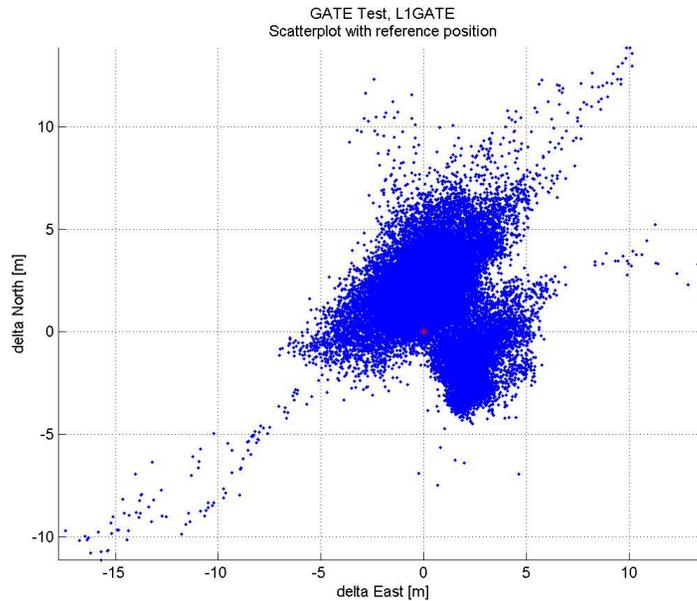


GURx Position:	Number of SVs:
Lat [°]: 47.60094	5
Lon [°]: 12.98029	Difference GPS-GURx [m]:
Alt [m]: 652.451	E: -0.129236 N: -0.406199

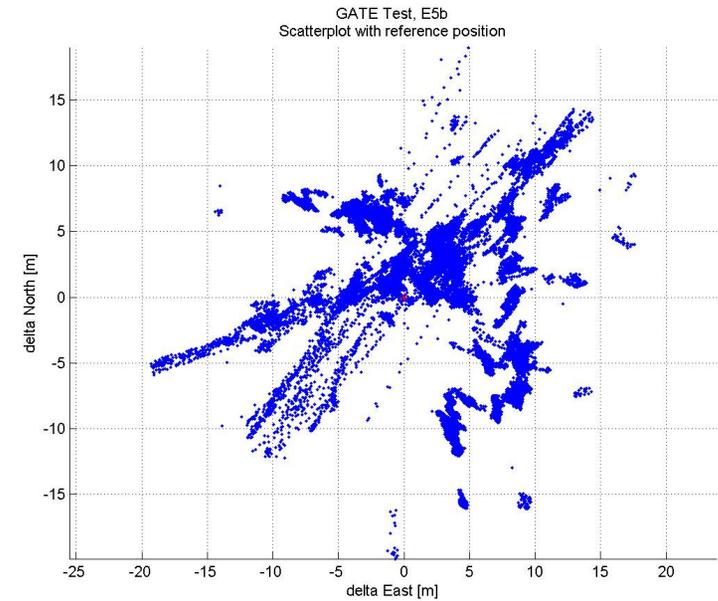


Bisher erreichte Genauigkeit

L1 VSM: 2dRMS = **4.97 m**



E5b VSM: 2dRMS = **12.82 m**



- **EBM L1: 2dRMS = 5.50 m**
- **EBM E5b: 2dRMS = 11.25 m**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Fragen / Diskussion