



Galileo
G4

BeiDou

GLONASS

GPS



Hans.Visser@fugro.com

Weltweit Zentimeter GNSS Positioning, Galileo helfe

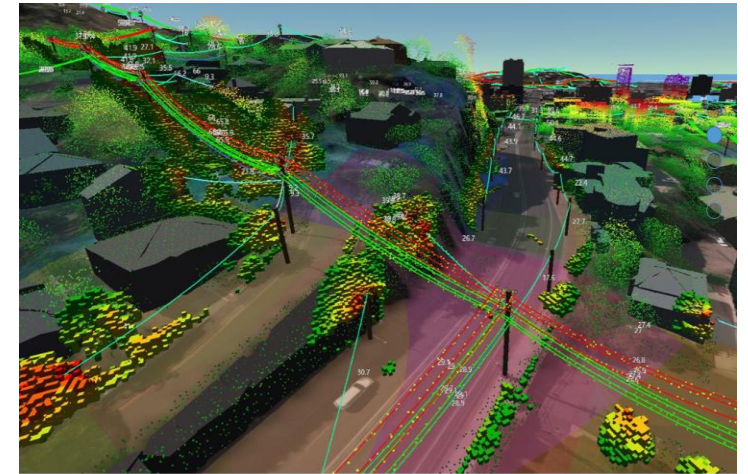
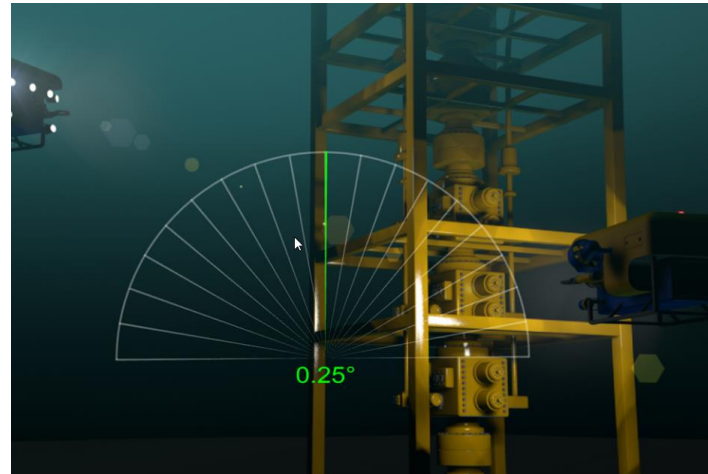
Unser Arbeitsfelder

“Site Characterisation”
Bodenuntersuchungen und
Geomodelling

&

“Asset Integrity”
Anlagen Integritätsprüfung

Zu Wasser & Zu Land



Unsere Ressourcen

- Weltweit 10.000 Mitarbeiter
- über 400 Mitarbeiter in Forschung und Entwicklung
- davon ~70% in Software & Informationswissenschaften

- Hochmoderne Spezialschiffe
- Jüngste Flotte der Industrie
- Spezialisierte geotechnische Labore
- Lange Erfahrung als AUV Operator

MSC Fugro Galileo

30 | Schiffe



112 | ROVs



40 | Labore



4,500 | Manta nodes



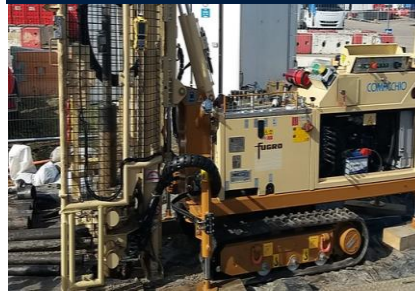
28 | Jack ups



98 | CPT Systeme



257 | Drilling rigs



5 | AUVs



3 | USVs



Fugro GNSS Anwendungen

- Landvermessung
- Geoinformation System (GIS)
- Raildata RILA
Schienenmessungen vom Zug
- ARAN Straßenprofilmessungen
- Drive-Map 3D Datenerfassung
- Gründungsbohrungen



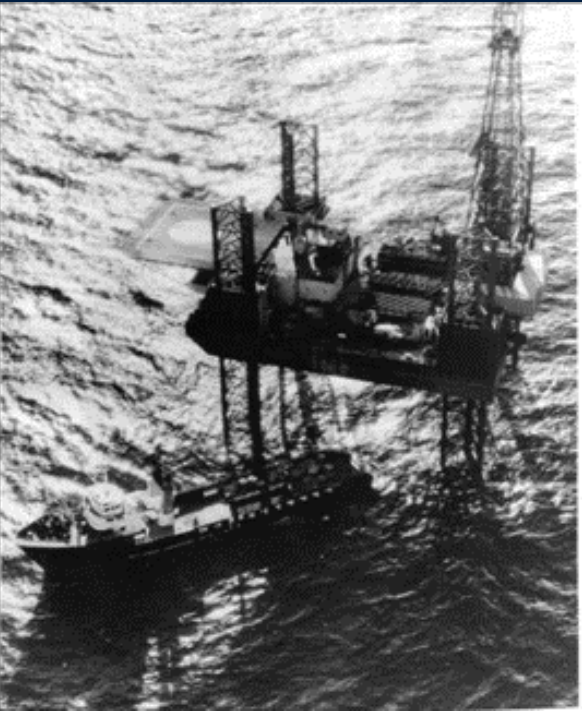
Fugro Remote Operation Centers

- Arbeit ist Sicher
- Einfacher mit COVID Reisebeschränkung
- Für Offshore Projekten und Hydrografie
- Remote Operation Unbemannte Schiff
- Remote Operation Unterwasser Robot.
- Individuale Expertise aus dem Büro oder zu Hause.



Satelliten Positionierung über die Zeit

1974 Transit



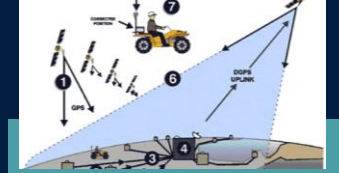
1996 StarFix



1986 DGPS HF



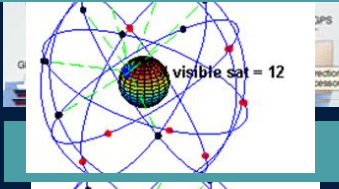
Omnistar



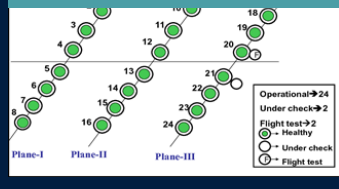
2001 HP L1/L2



2006 GPS



2009 GLONASS



2014 BeiDou



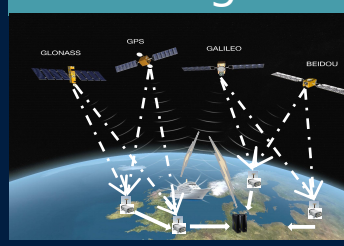
2016 Galileo



Galileo PPP



2020 Satguard



2021 SpaceStar



2022 ?

Unsere Positionierung Märkte



Baggerarbeiten



Hydrografie



Forschung



Marine und
Küstenwache

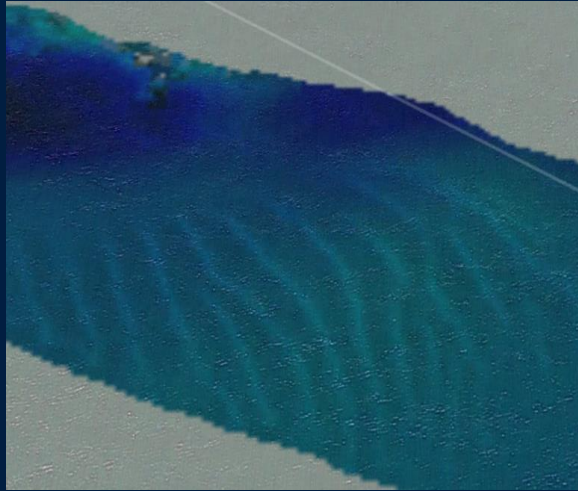


Windparks

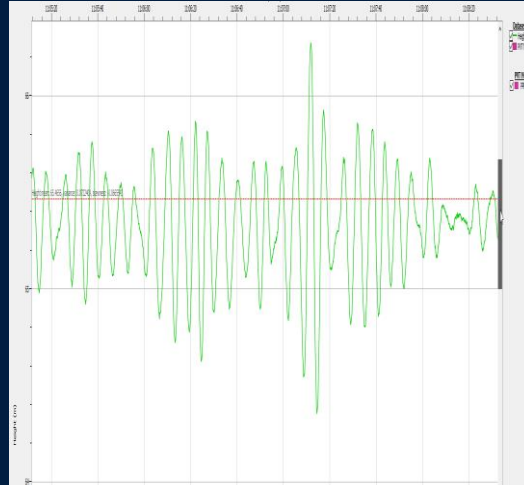


Kabelverlegung

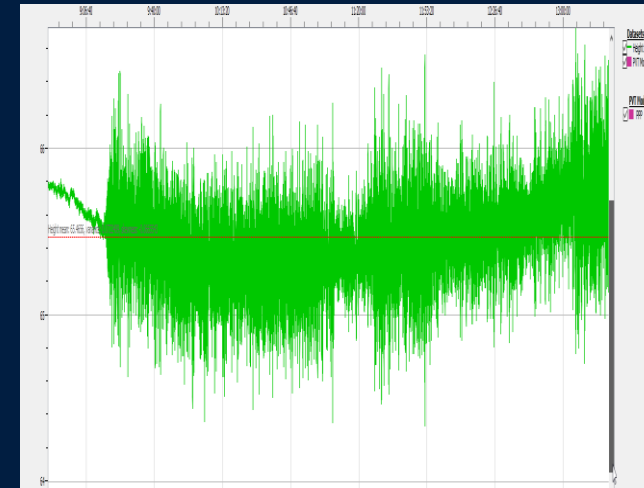
Anwendungen



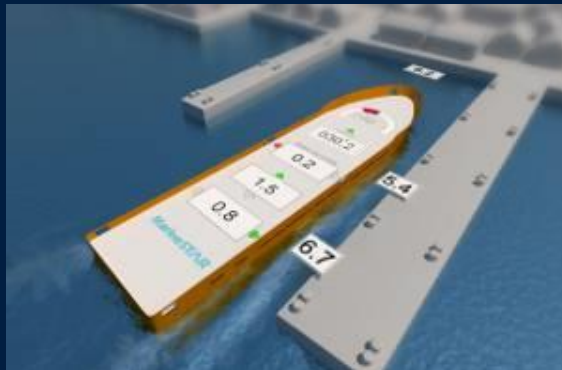
Wassertiefemessungen



Wellenhöhe



Gezeiten



Vertäuung

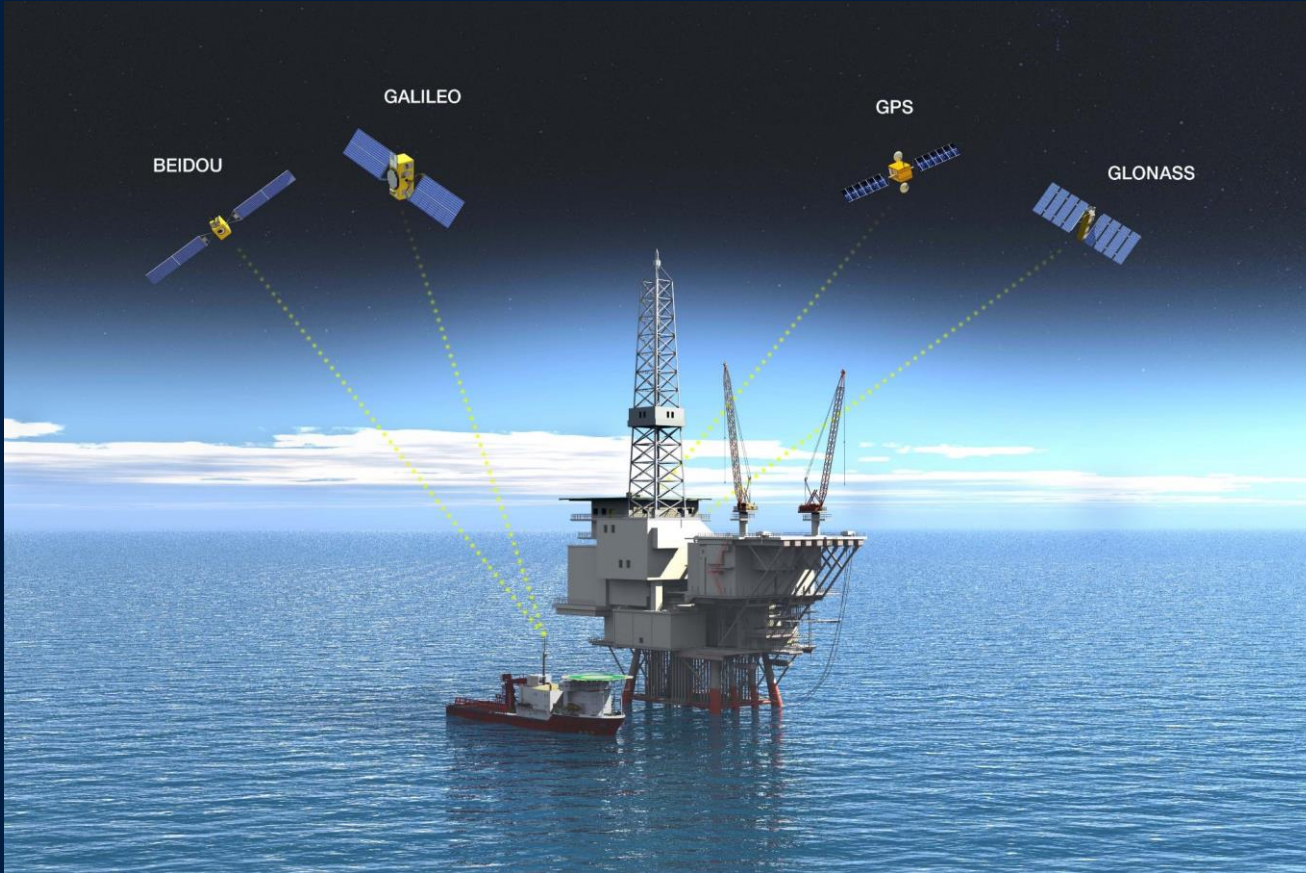


Bojen



Autonome Schiffe
Fugro SEA-KIT Beispiel

Dynamische Positionierung



Starfix Suite Positionierung



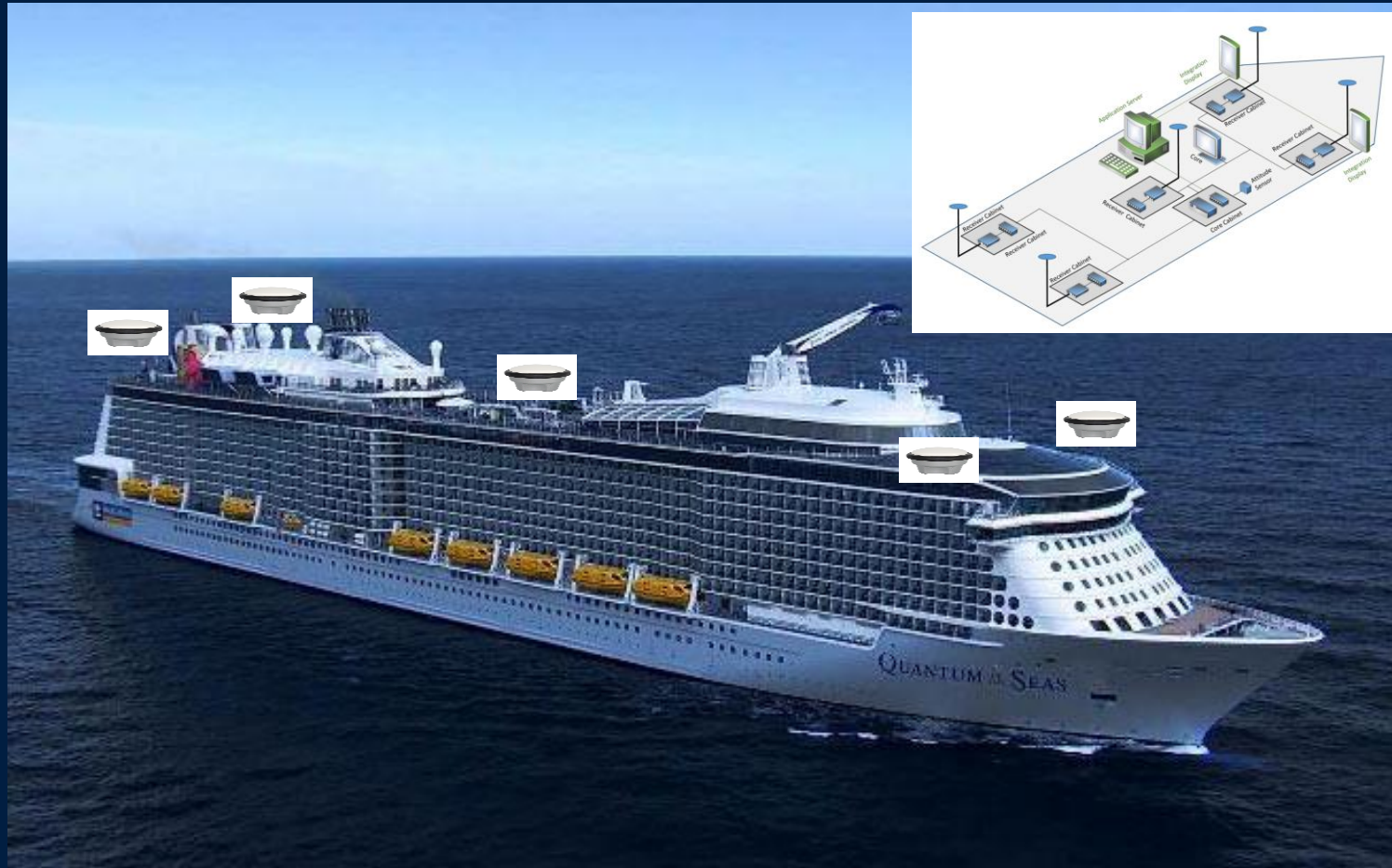
Öl Plattform gezogen von Ankerschiffen

Starfix Suite Software



Öl Plattform gezogen von Ankerschiffen

Oceanstar



- G4 (+Galileo)
- 2-5 Antennen
- Aanmeren...
- Anstelle eines Kompasses
- Navigationstiefe
- Rumpfbewegungen des Schiffes

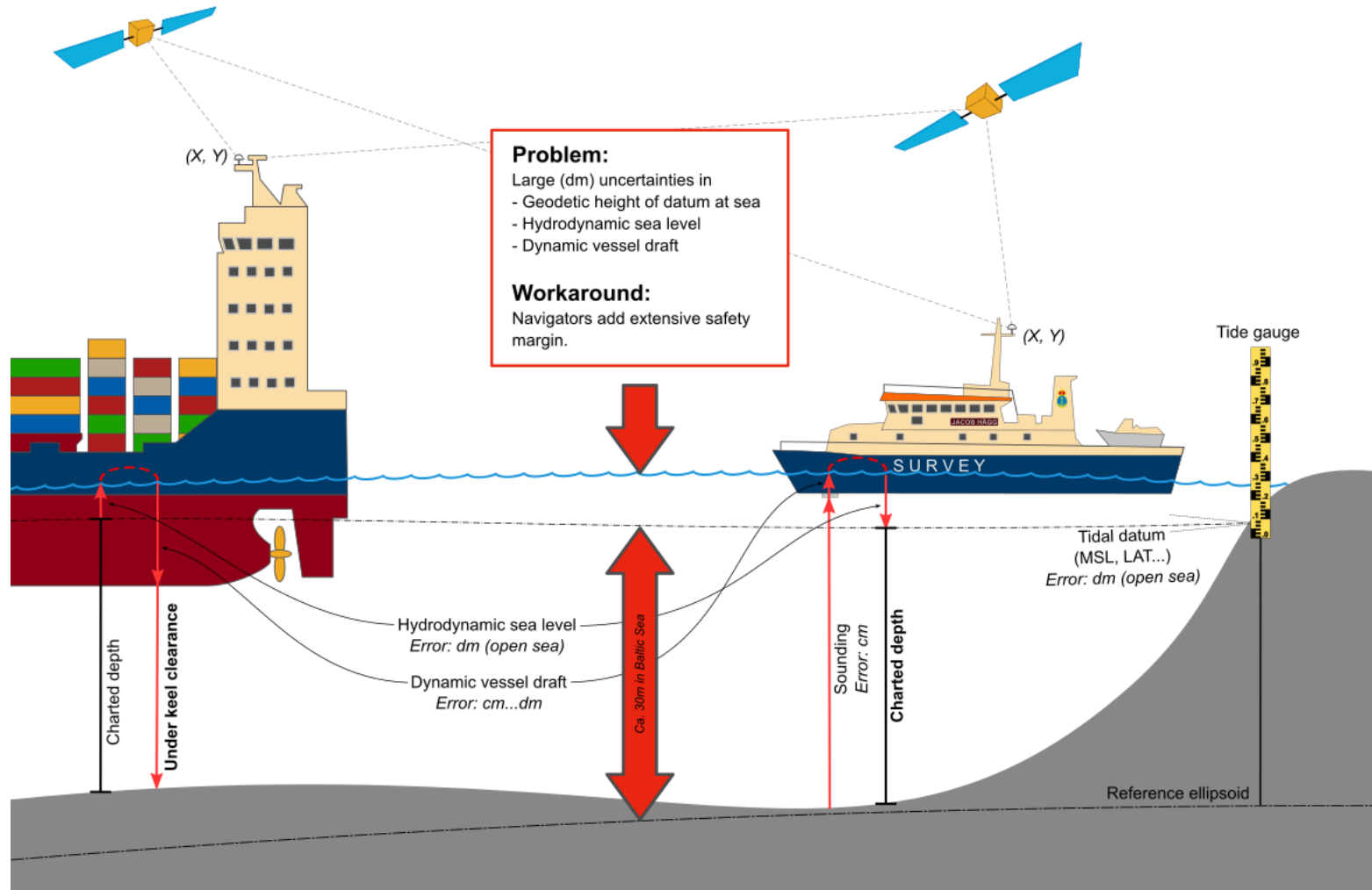
www.fugro.com/oceanstar

Fred Olsen Braemar, Kanal von Korinth Okt-2019



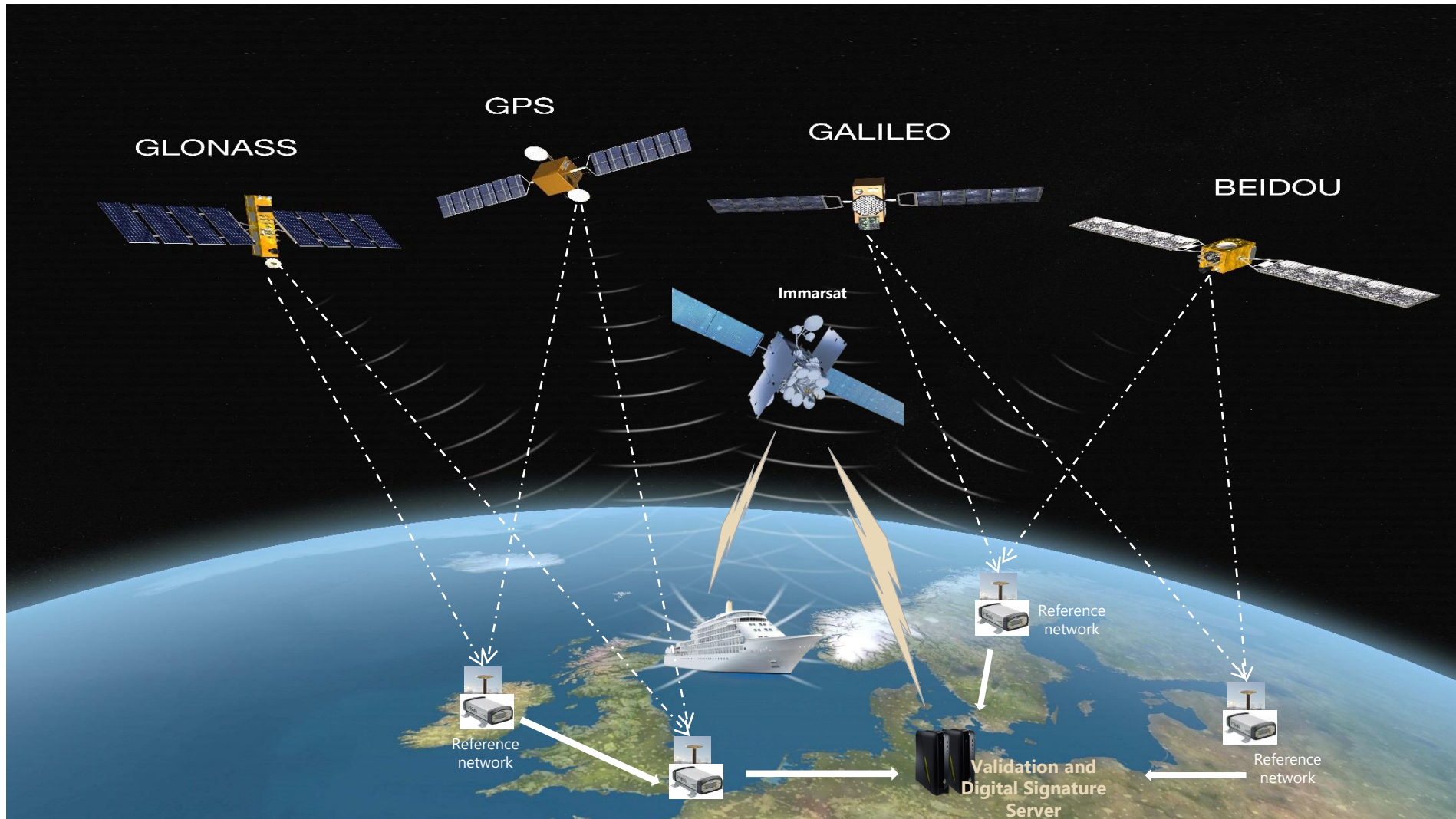
Das 22,5-Meter-breite Schiff fährt durch den Kanal, der an seiner engsten Stelle gerade einmal 24 Meter misst. Aber die Augen des Kapitäns sind zuverlässig, - durch Fugro Oceanstar.

Navigationstiefe



<http://www.famosproject.eu/activities/future-navigation/>

Satguard: Spoofing-Schutz



GNSS-Navigationsnachrichtenthauthifizierung (NMA)

Gebrauch
von
Prüfsummen
von
Ephemeriden
Uber Lband

GPS
Glonass
Galileo
BeiDou
Korrektur

Gegen Spoofen.
FUGRO

Fugro SpaceStar Positionierung LEO Satelliten.



**PROPRIETARY GLOBAL
REFERENCE NETWORK**
GPS, GLONASS, BEIDOU,
& GALILEO



**ORBIT & CLOCK
REAL TIME**
POSITION: <10 CM
VELOCITY: < 5 MM/S
TIME: < 5 NS



**HIGH AVAILABILITY
& REDUNDANCY**
TRACK RECORD
& SLA'S

24/7 >99.999%

<https://www.fugro.com/media-centre/news/fulldetails/2021/07/01/a-first-for-fugro-as-spacestar-satellite-positioning-service-heads-into->



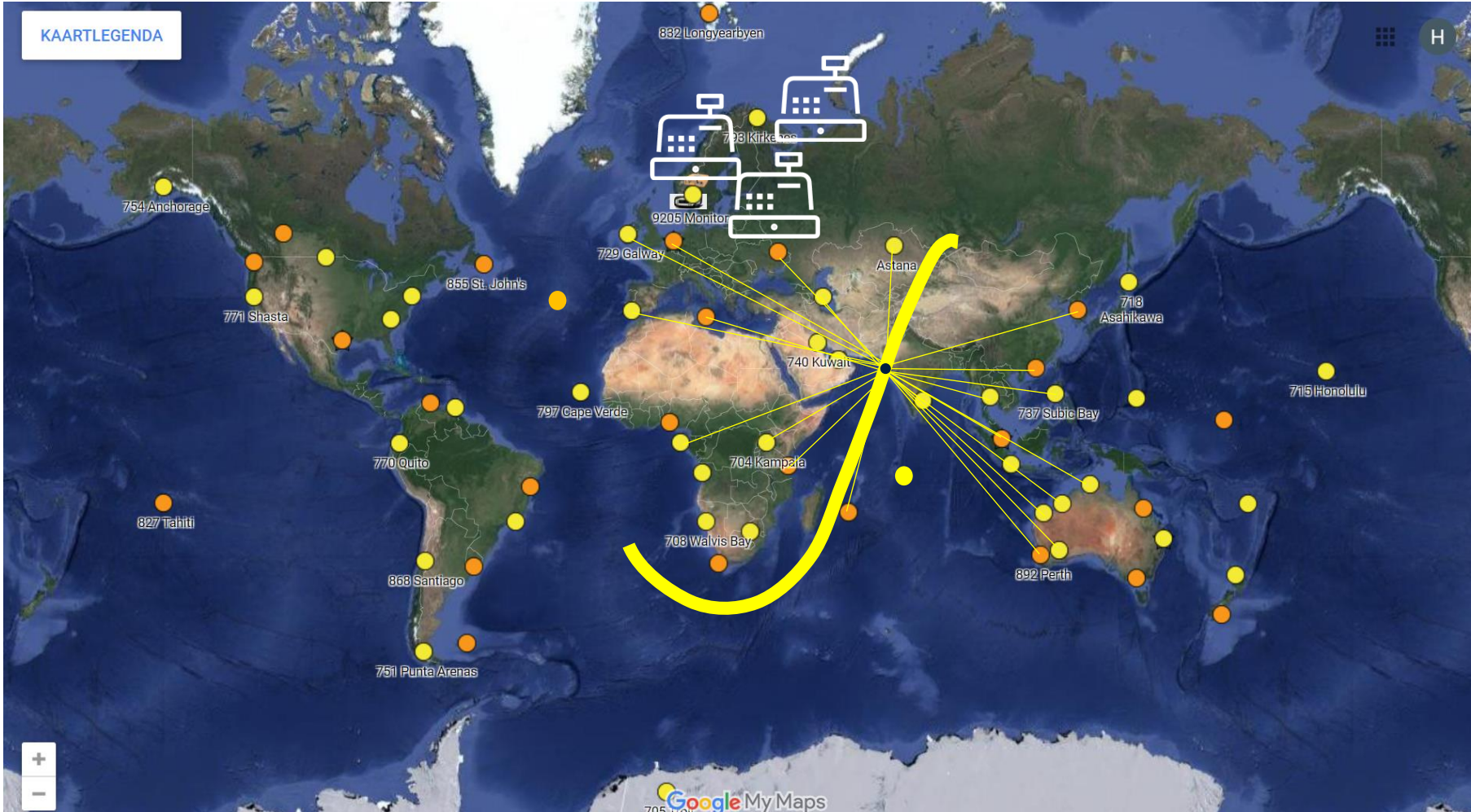
Empfänger mit G4+

- Fugro StarpackII, Starpod,
- Trimble Receivers und OEM
- Septentrio Receivers und OEM
- SBG Navsight Apogee Marine
- Applanix POSMV
- Advanced Navigation Spatial Dual
- Norbit MBES
- Seatex DPS110/112 und Seapath Systemen
- R2Sonic und so weiter..



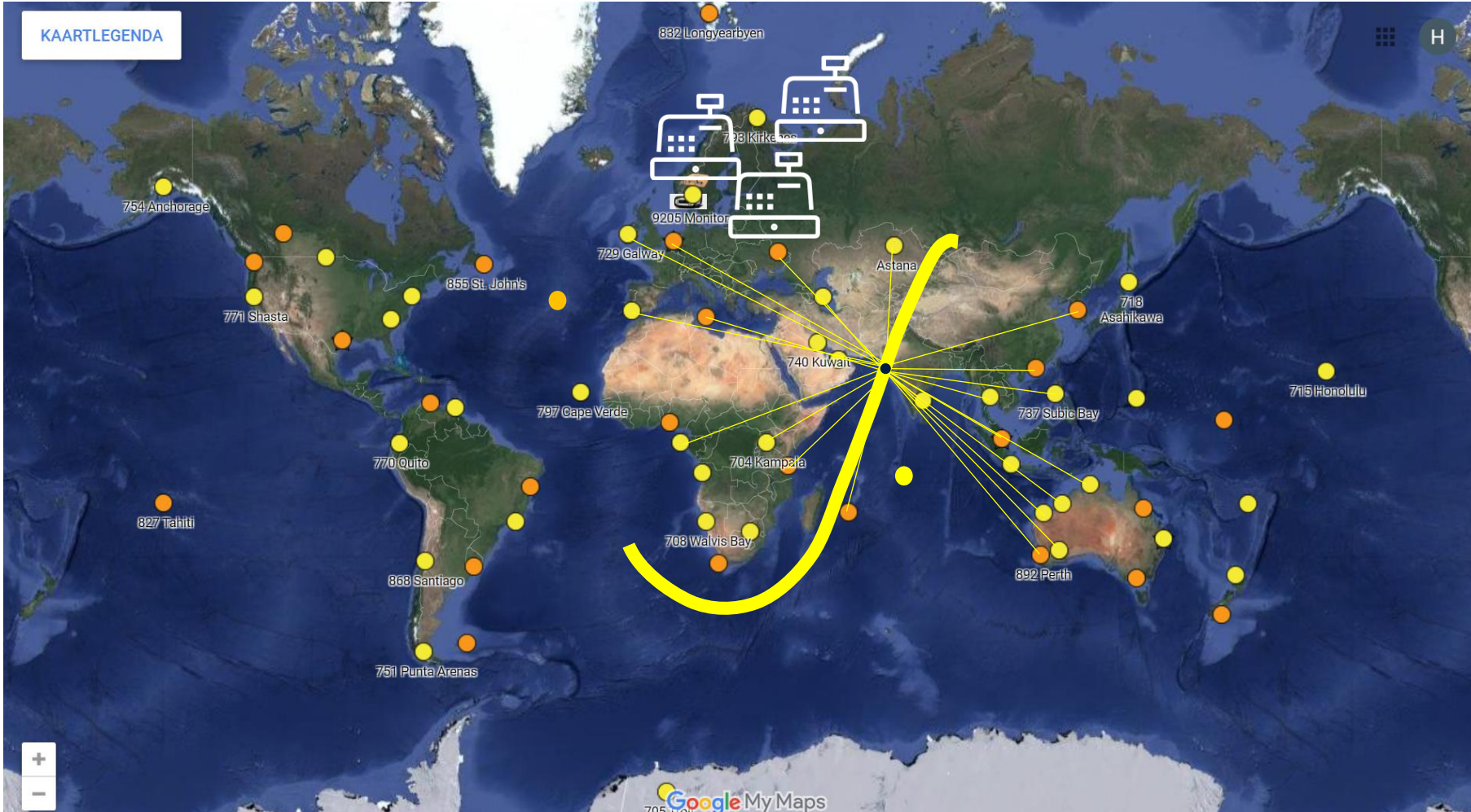
Jeder
Galileo
Geeignet

G4 Bahn Berechnung (2/4)



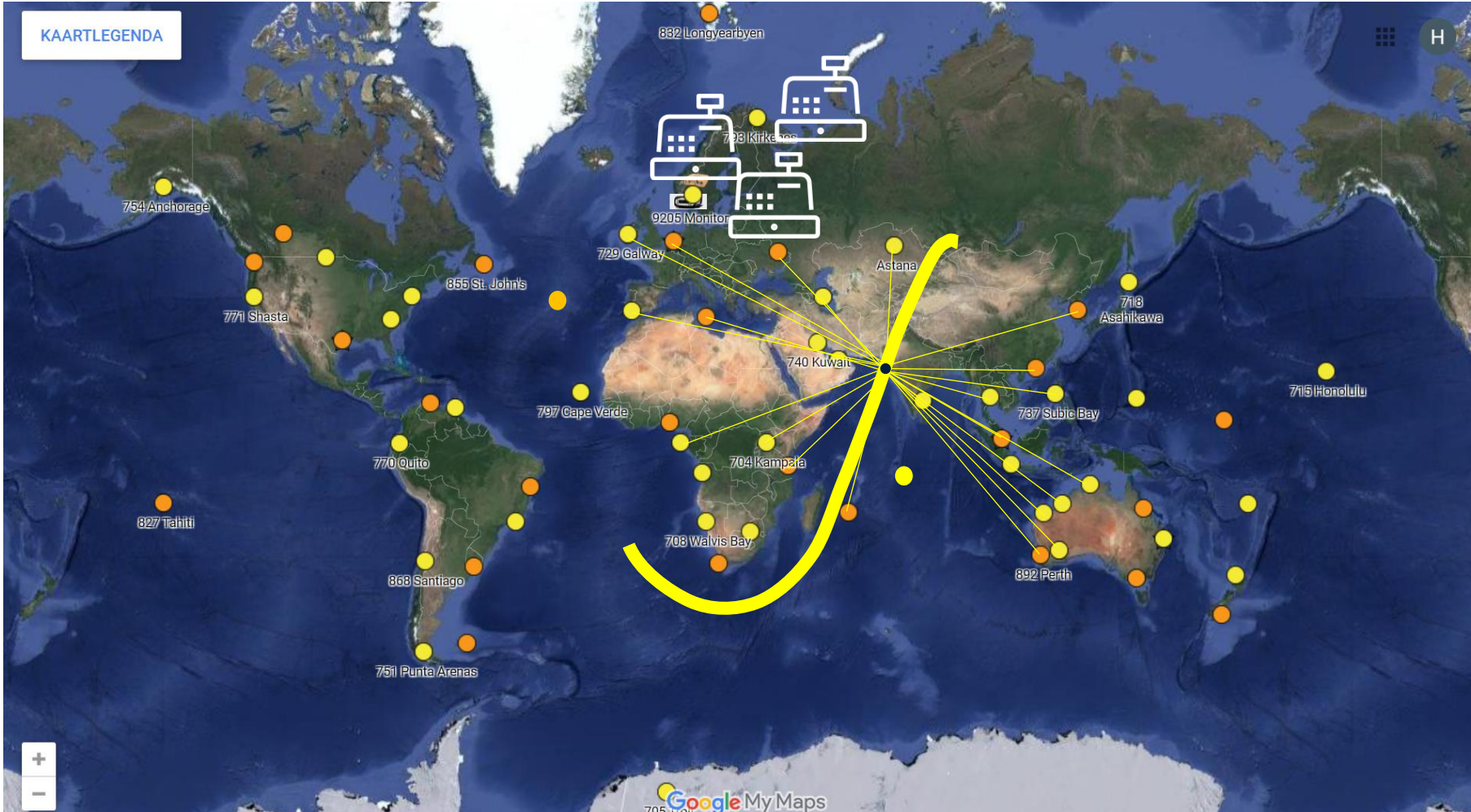
- 3 Berechnungszentren
- Jeder mit 10 Computern

G4 Bahn Berechnung (3/4)



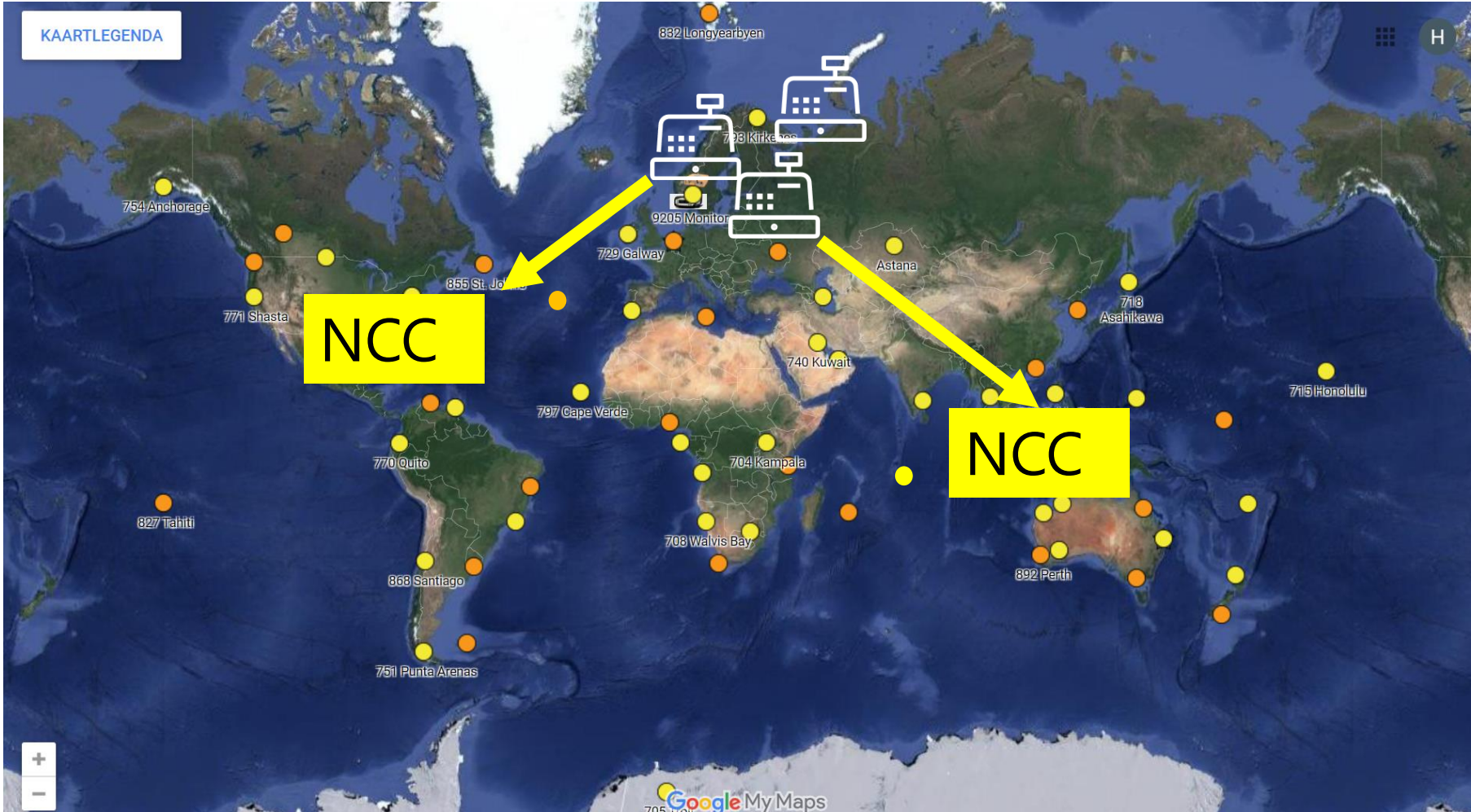
- Bahn integration

G4 Bahn Berechnung (3/4)



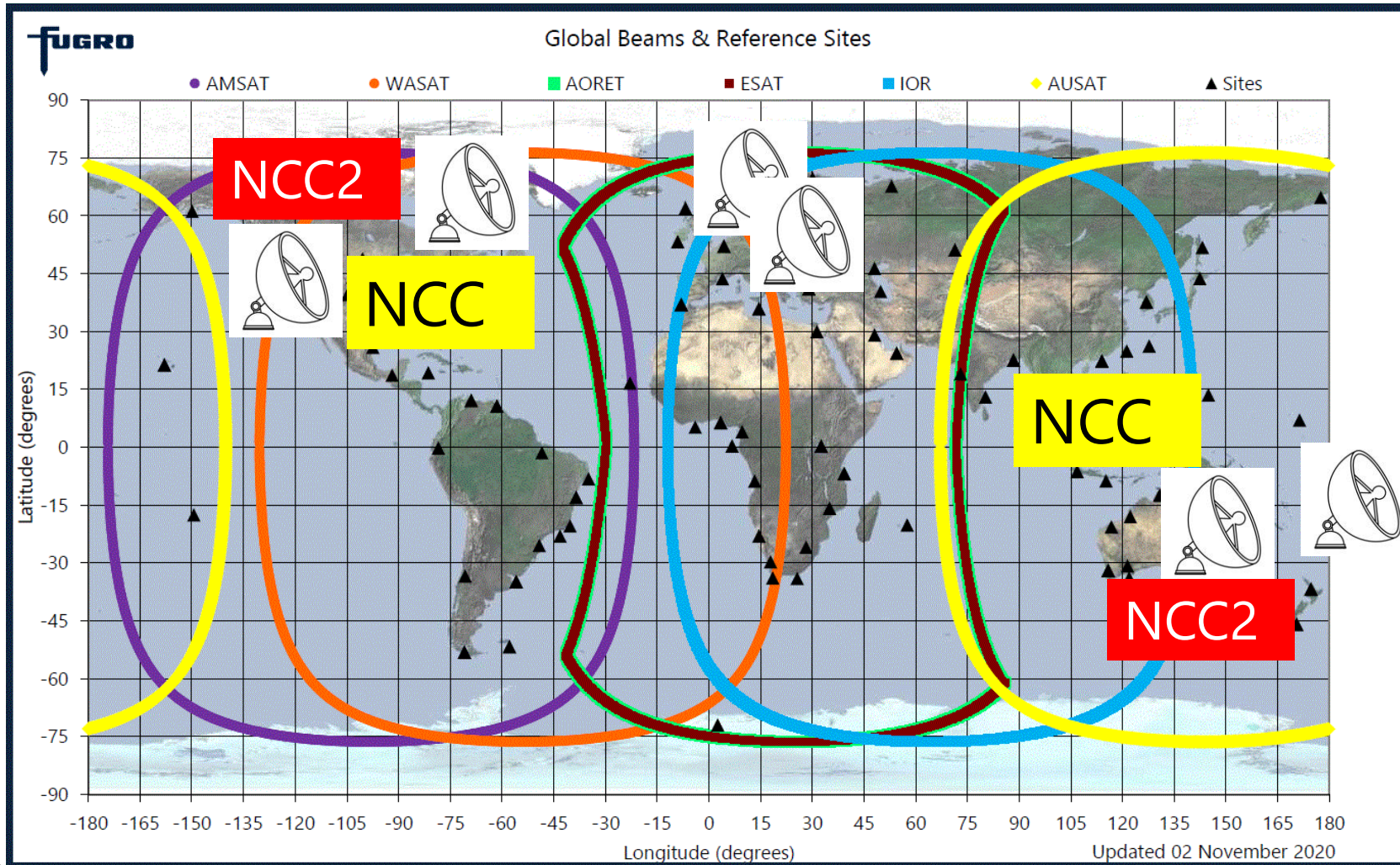
Zeitfehlermessung
10-15
Referenzstationen.

G4 Bahn Berechnung (4/4)



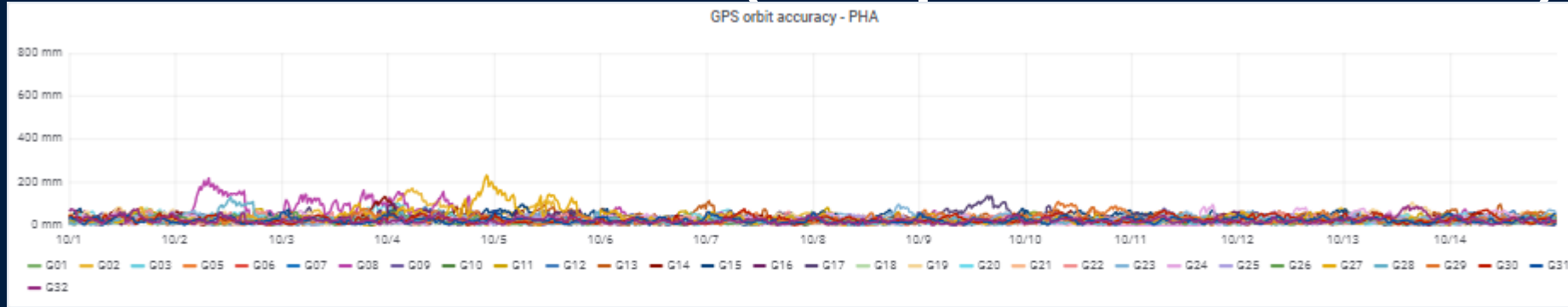
- NCC
- Kombinieren von Daten
- Komprimieren von Daten
- Kontrollieren von Daten
- Uplink
- Kontrollieren des Uplink
- Kontrollieren von Daten

Übertragung über 6 geostationäre Satelliten (+ Internet)

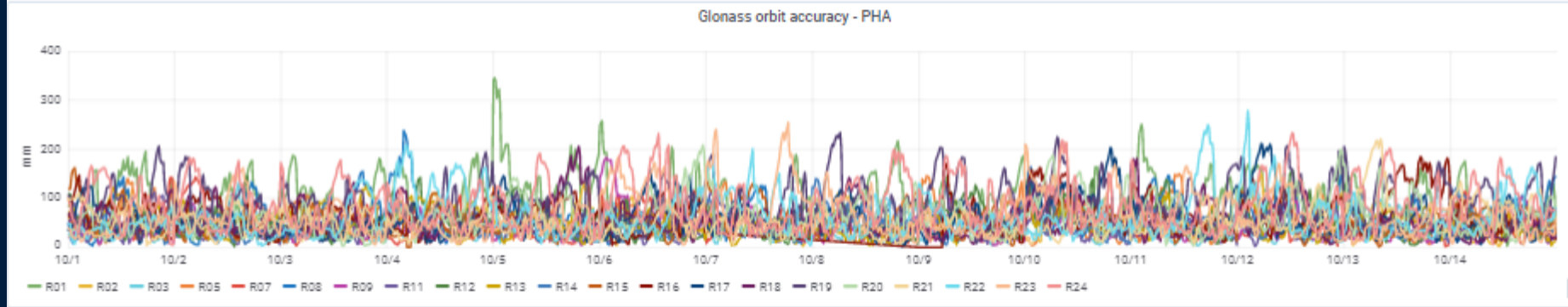


1. L-band ist sehr zuverlässig
2. Verfügbarkeit 99.9998%
3. Kaum Dämpfung des Signal durch Regen.
4. 1200 und 600 Bit pro Sekunde
5. weltweite Dual-Abdeckung
6. Backup-Uplinks
7. Backup NCC's

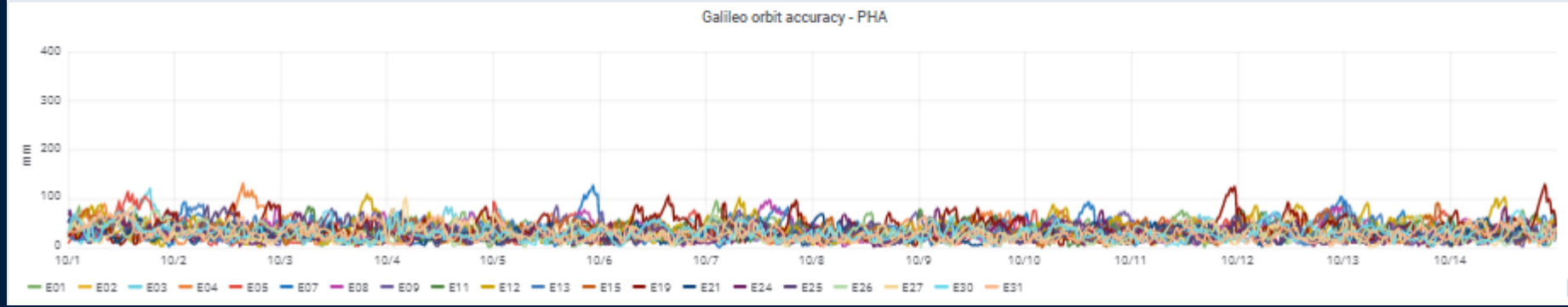
Umlaufbahn Fehler (Beispiel einer Woche)



3 cm GPS



7 cm Glonass



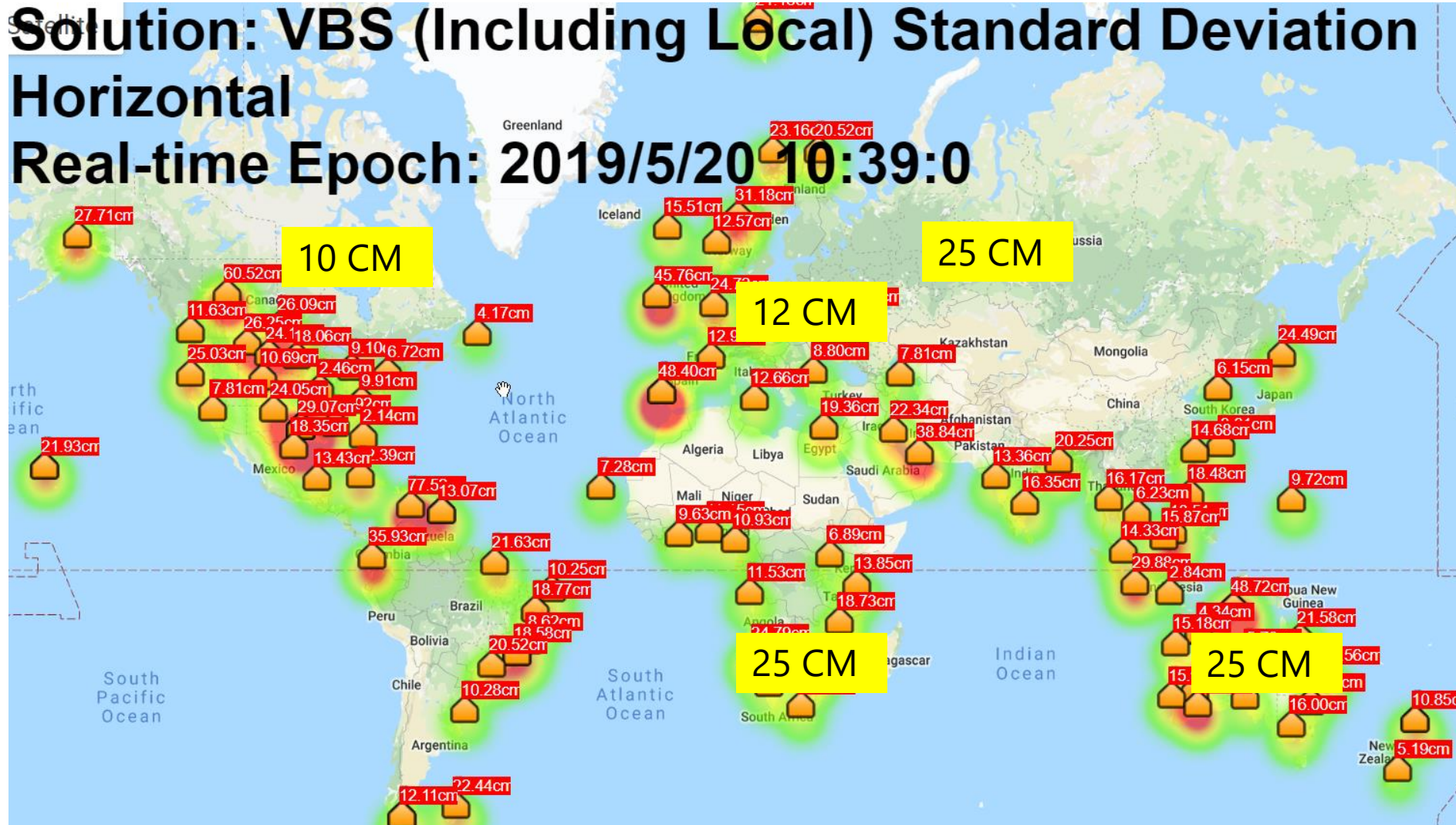
4 cm Galileo

VBS: L1 Code 20-May-2019

Solution: VBS (Including Local) Standard Deviation

Horizontal

Real-time Epoch: 2019/5/20 10:39:0

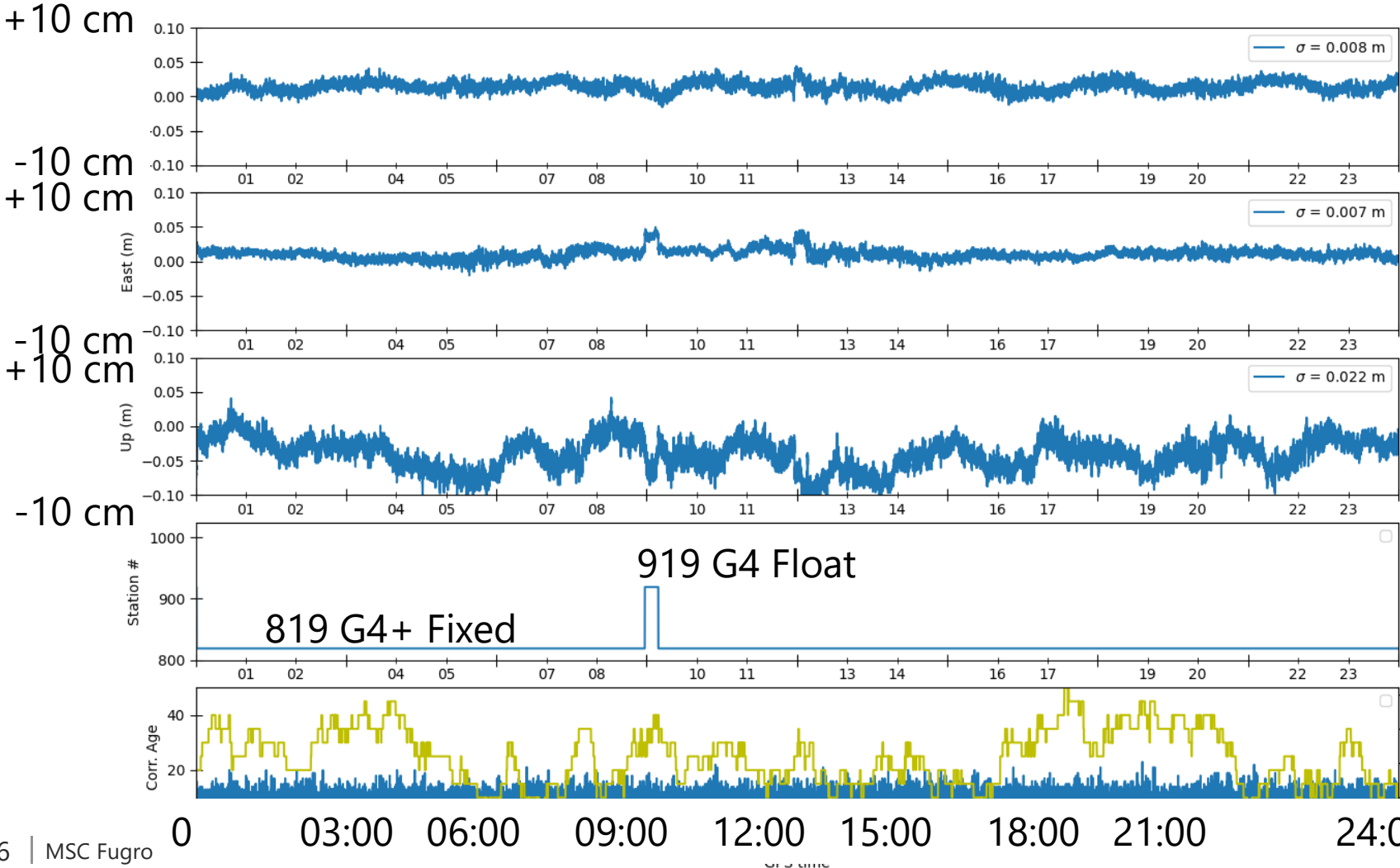


Weltweite Lösung
Einzigartig erreichbar.

Vergleich mit
EGNOS WAAS, GAGAM

G4+ Niederlande 23-August-2021

g4plus
2021 08 23



Norden Sigma 8 mm

Osten Sigma 7 mm

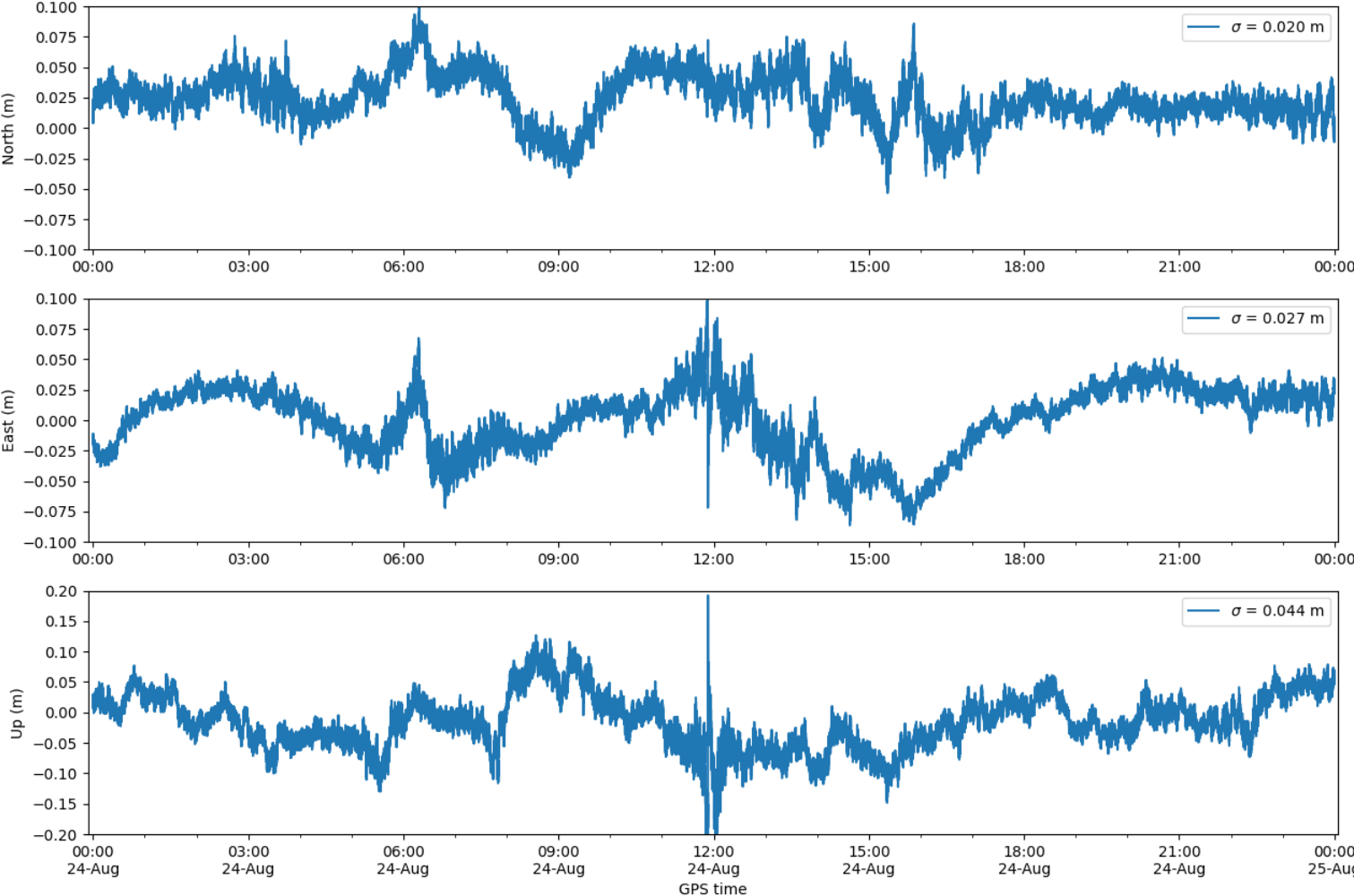
Höhe Sigma 22 mm

20-40 Satelliten

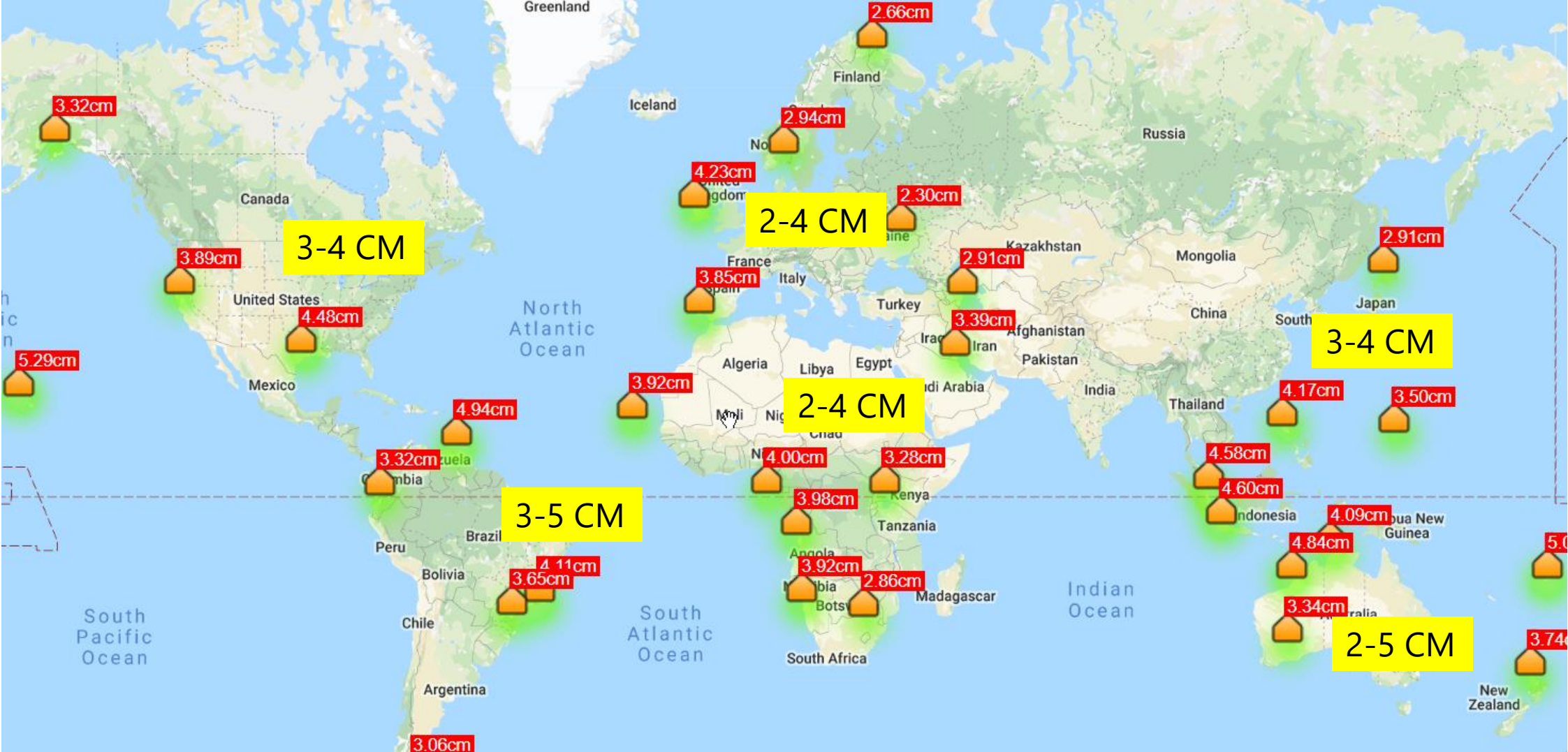


G1 Galileo

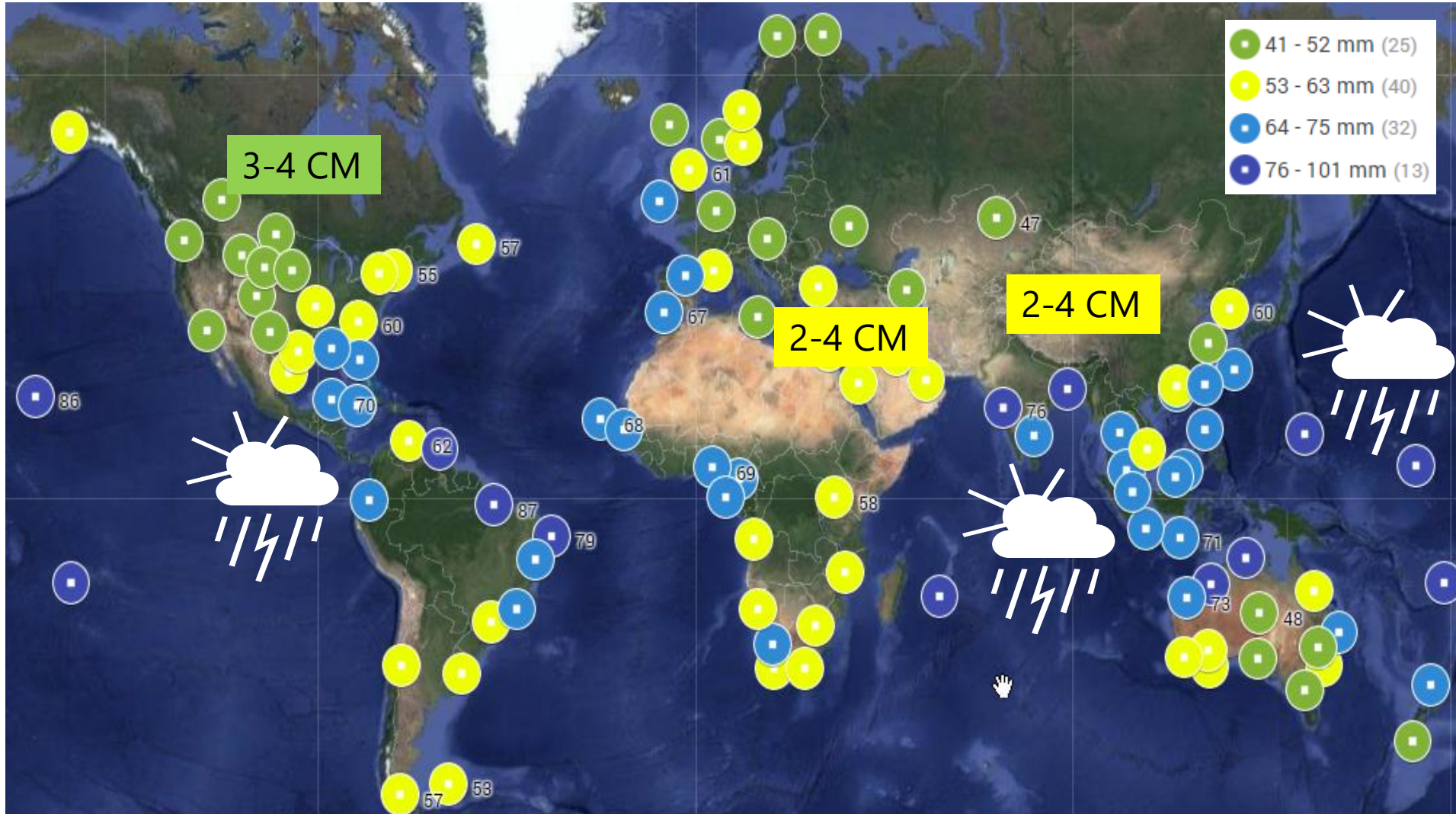
G1 Galileo
23 August 2021



G4 Standardabweichung Höhe im Tagesverlauf



G4 Höhe innerhalb eines Jahres



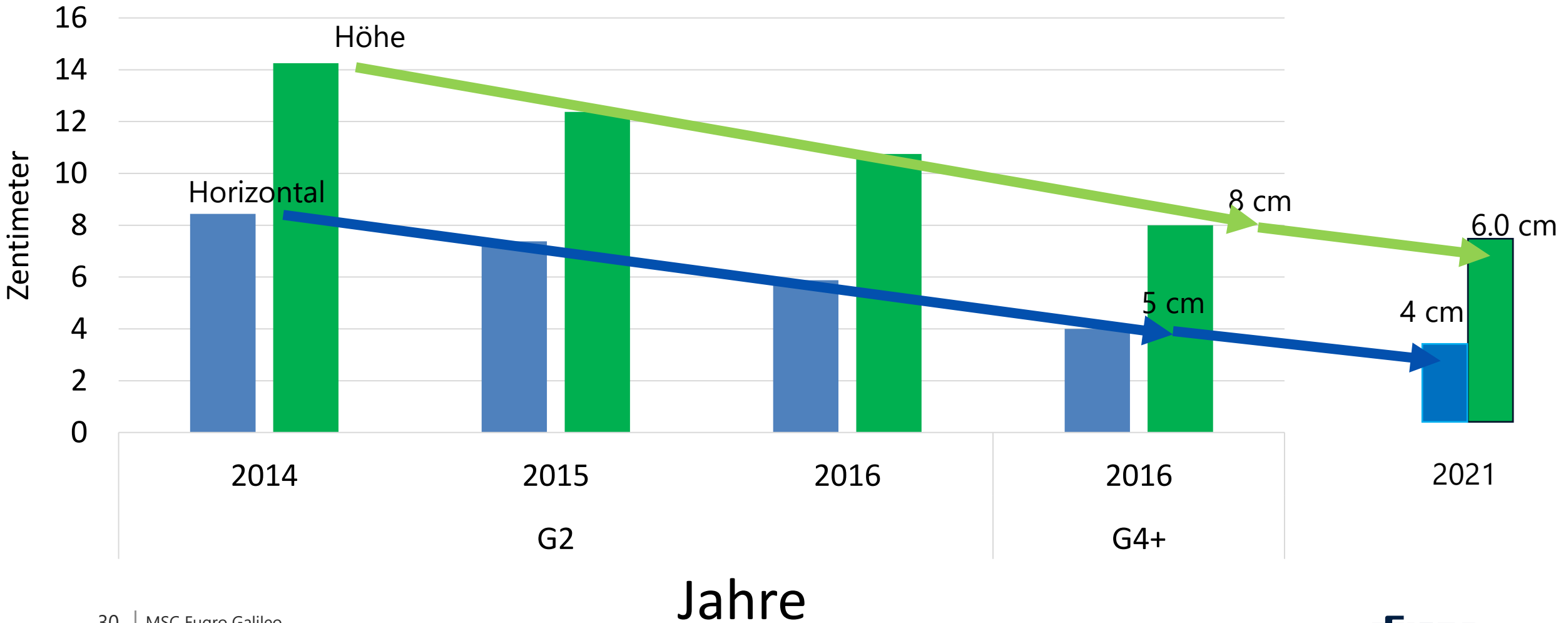
Oktober 2017-
Oktober 2018

G2+	rms	95%
Norden	12 mm	21 mm
Osten	11 mm	20 mm
Höhe	33 mm	61 mm

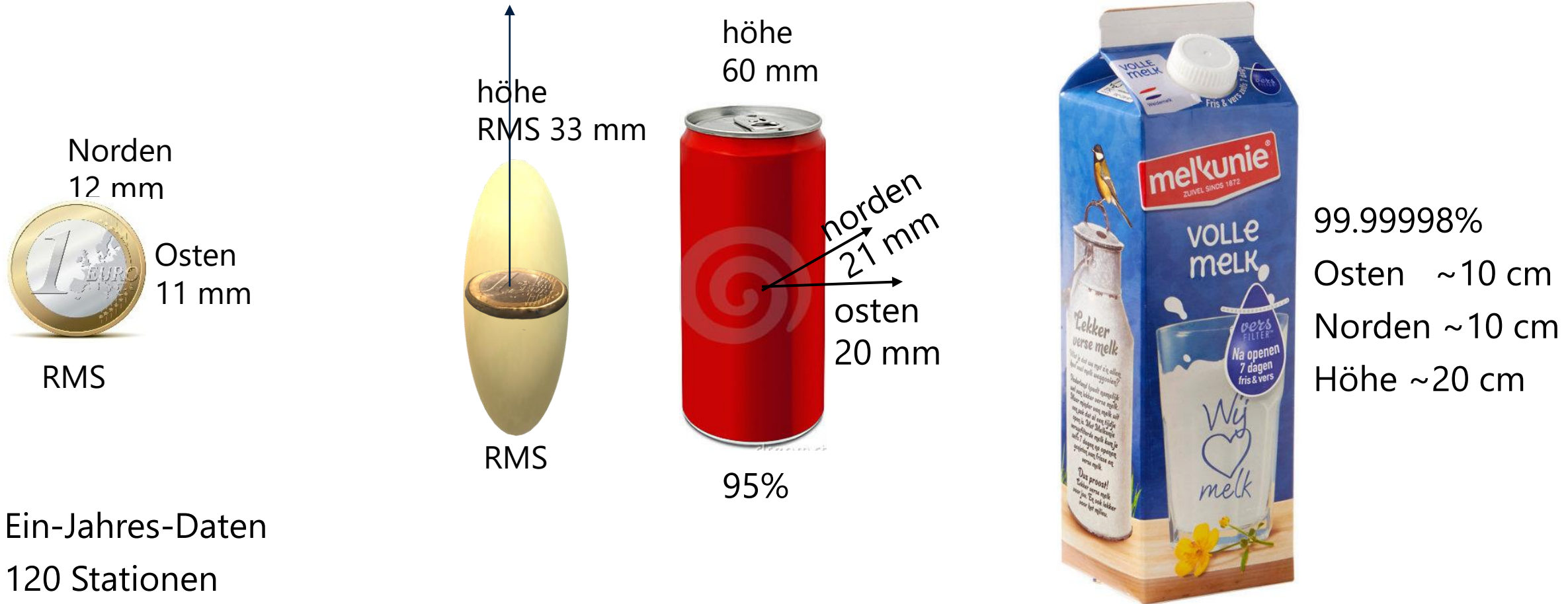
3 Stationen mit
RF Interferenz
entfernt

Verbesserung

95% Verbesserung der Gesamtgenauigkeit

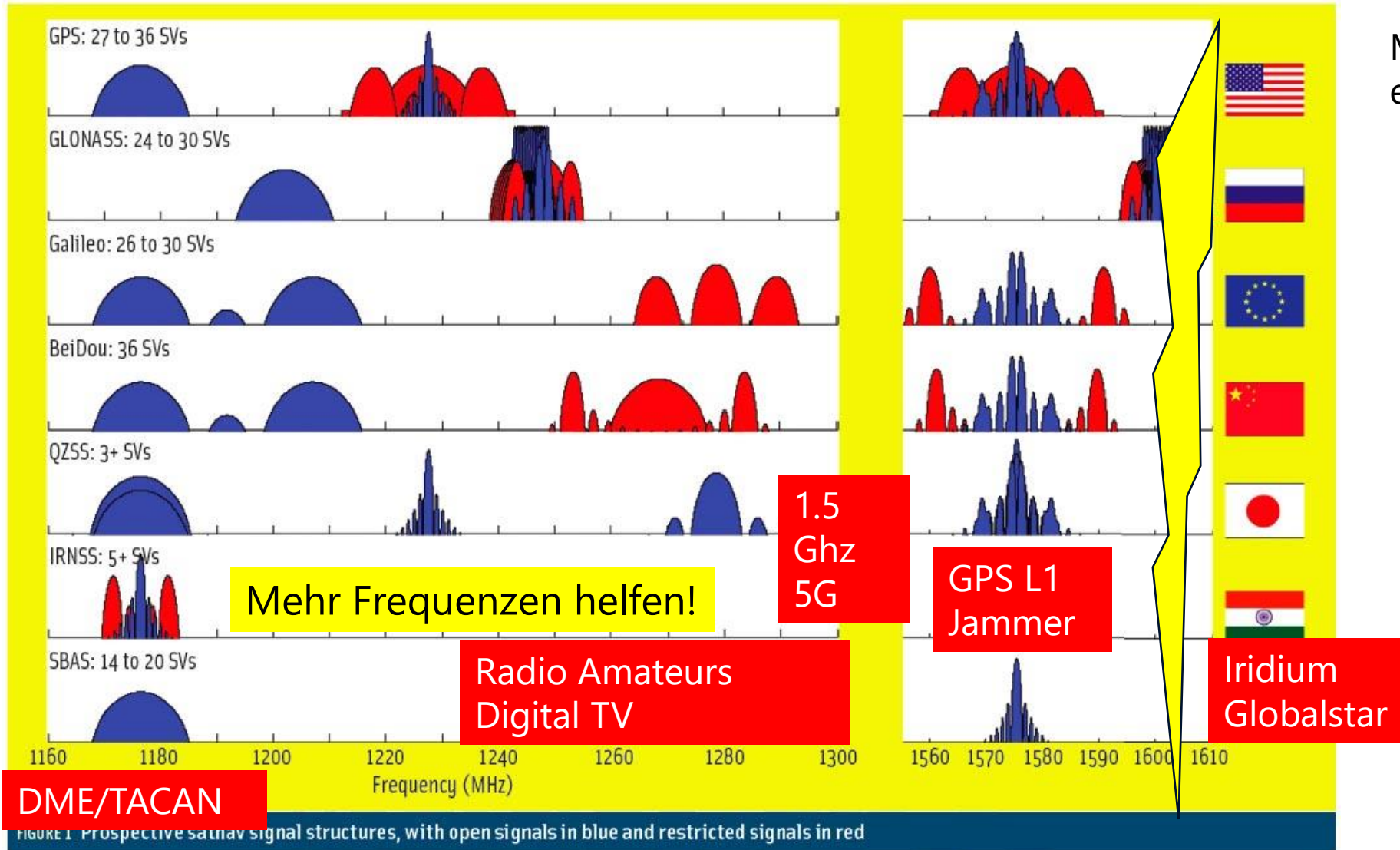


Fugro PPP-G4+ Position Vergleich



Ein-Jahres-Daten
120 Stationen
GPS und GLONASS

GNSS Signale.



Mehr Frequenzen erhöhen die Robustheit

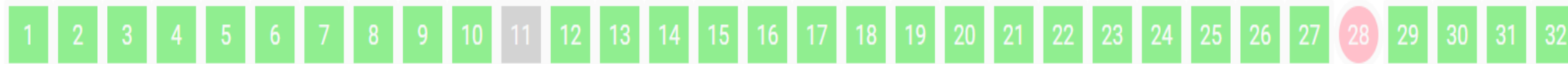
DME/TACAN

FIGURE 1 Prospective satnav signal structures, with open signals in blue and restricted signals in red

~110 GNSS Satelliten für Präzise Punkt Positionierung

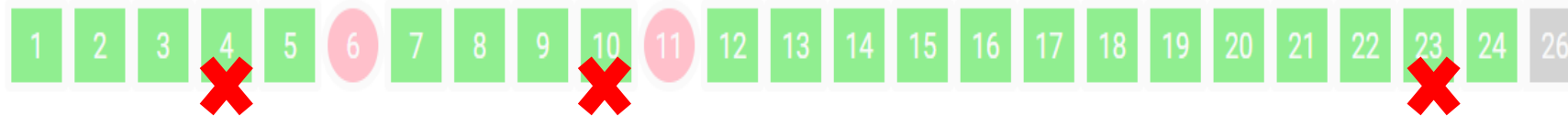
Satellites' status

GPS:



31 GPS
Satelliten

GLONASS:



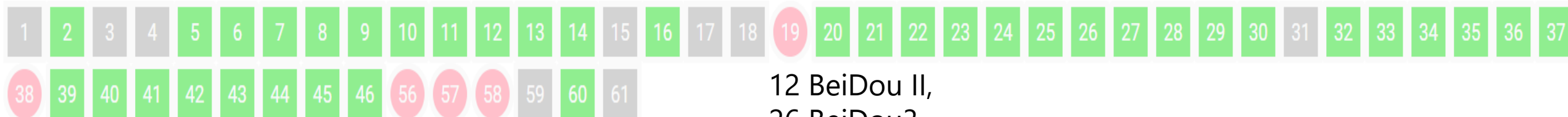
22 Glonass
Aber 3 habe kein L2
Nur 19 für PPP

Galileo:



22 Galileo Satelliten

BeiDou:



12 BeiDou II,
26 BeiDou3

38 BeiDou2+BeiDou3 Satelliten

<https://gnss-finland.nls.fi/#/satellites/>

Galileo Health Status

● healthy ● marginal ● unhealthy ● non-operational

I/NAV

	● E01	● E02	● E03	● E04
● E05	● E07	● E08	● E09	● E11
● E12	● E13	● E14	● E15	● E18
● E19	● E20	● E21	● E22	● E24
● E25	● E26	● E27	● E30	● E31
● E33	● E36			

● healthy ● marginal ● unhealthy ● non-operational

F/NAV

	● E01	● E02	● E03	● E04
● E05	● E07	● E08	● E09	● E11
● E12	● E13	● E14	● E15	● E18
● E19	● E20	● E21	● E22	● E24
● E25	● E26	● E27	● E30	● E31
● E33	● E36			

<https://spaceopal.com/galileo-dashboard/>

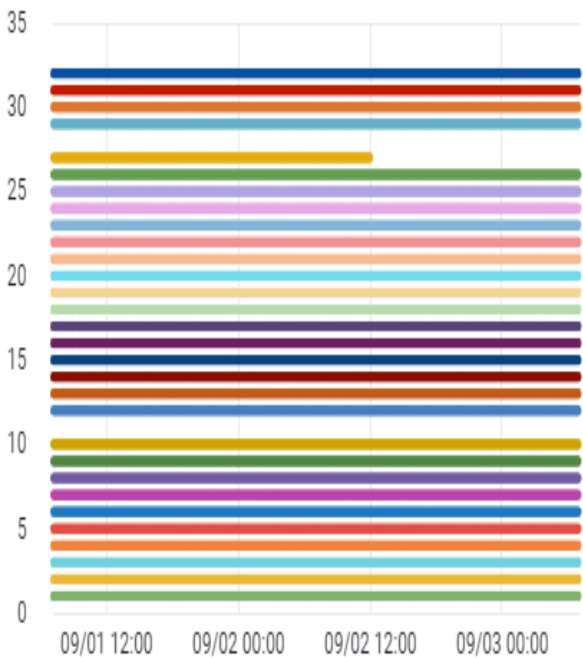


Anzahl der GNSS-Satelliten ~97 gebraucht 1-Sep-2021

GPS Satellites

29.6

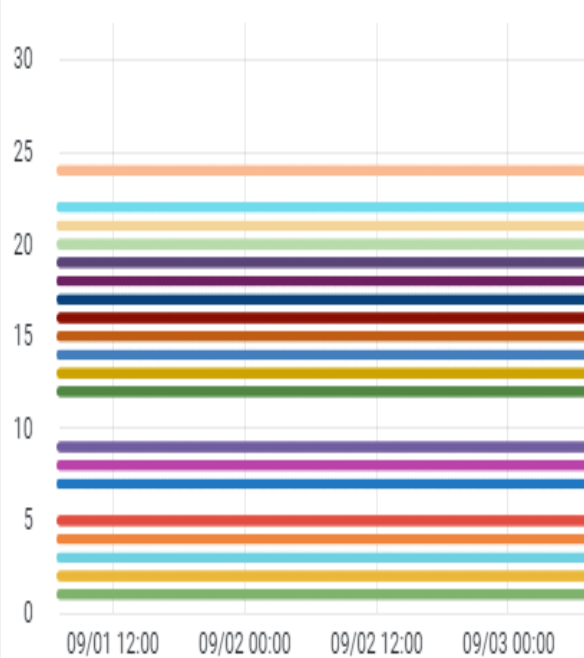
GPS-satellites



GLO Satellites

20.0

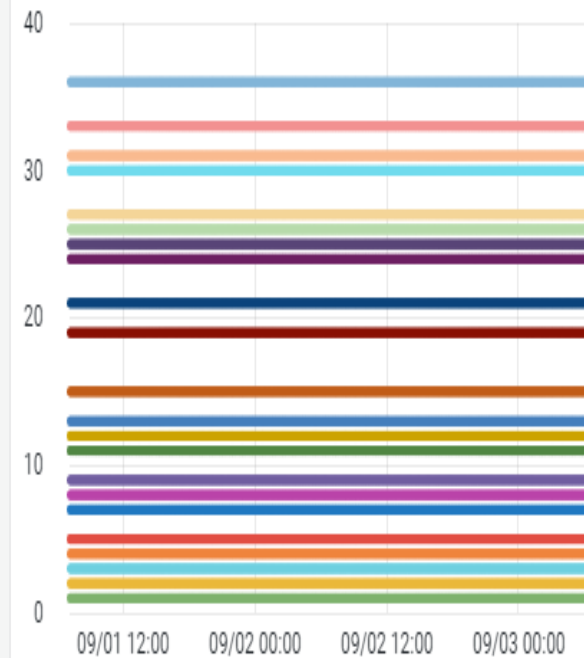
GLO-satellites v



GAL Satellites

22

GAL-satellites



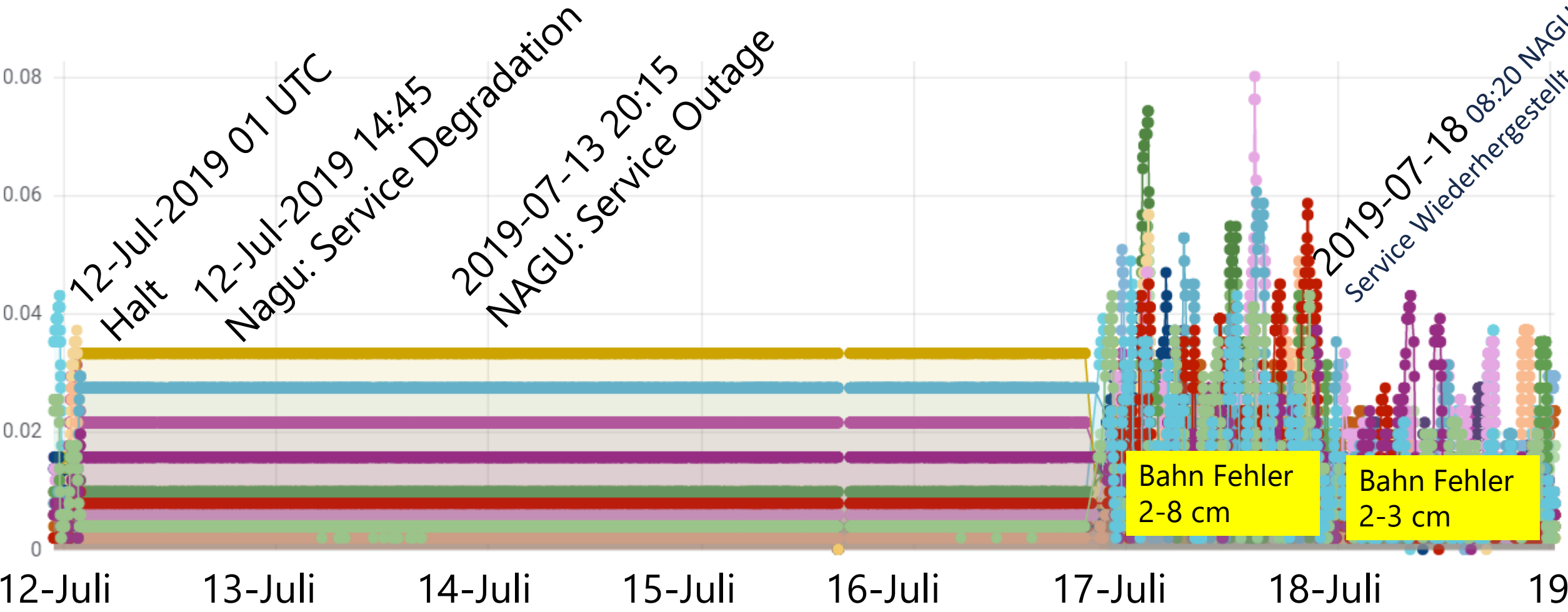
BEI Satellites

25.5

BEI-satellites



Galileo-Ausfall 12-Juli 01 UTC – 19.-Juli 2019



Konstellation/Firmware Ausfälle: Geschichte

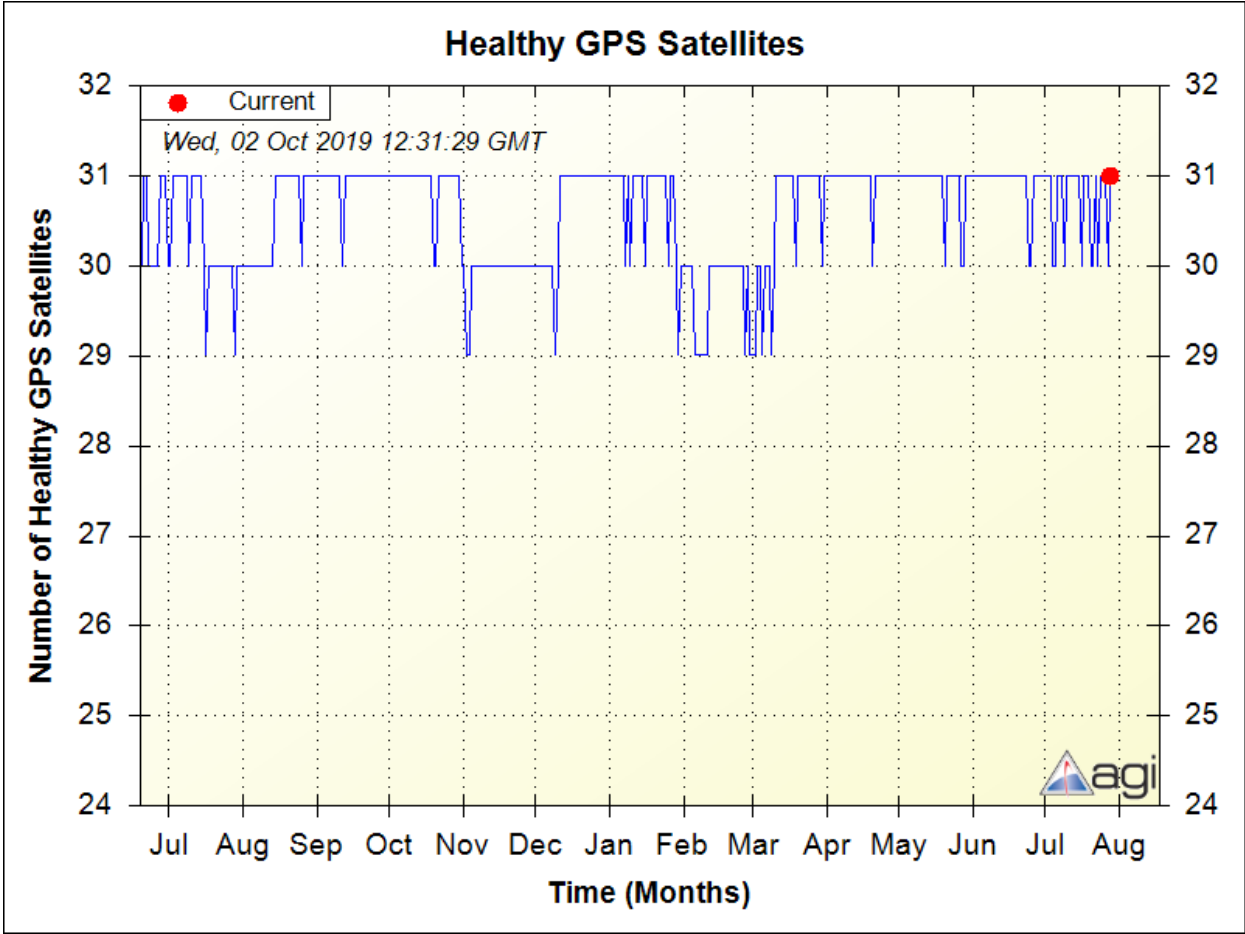
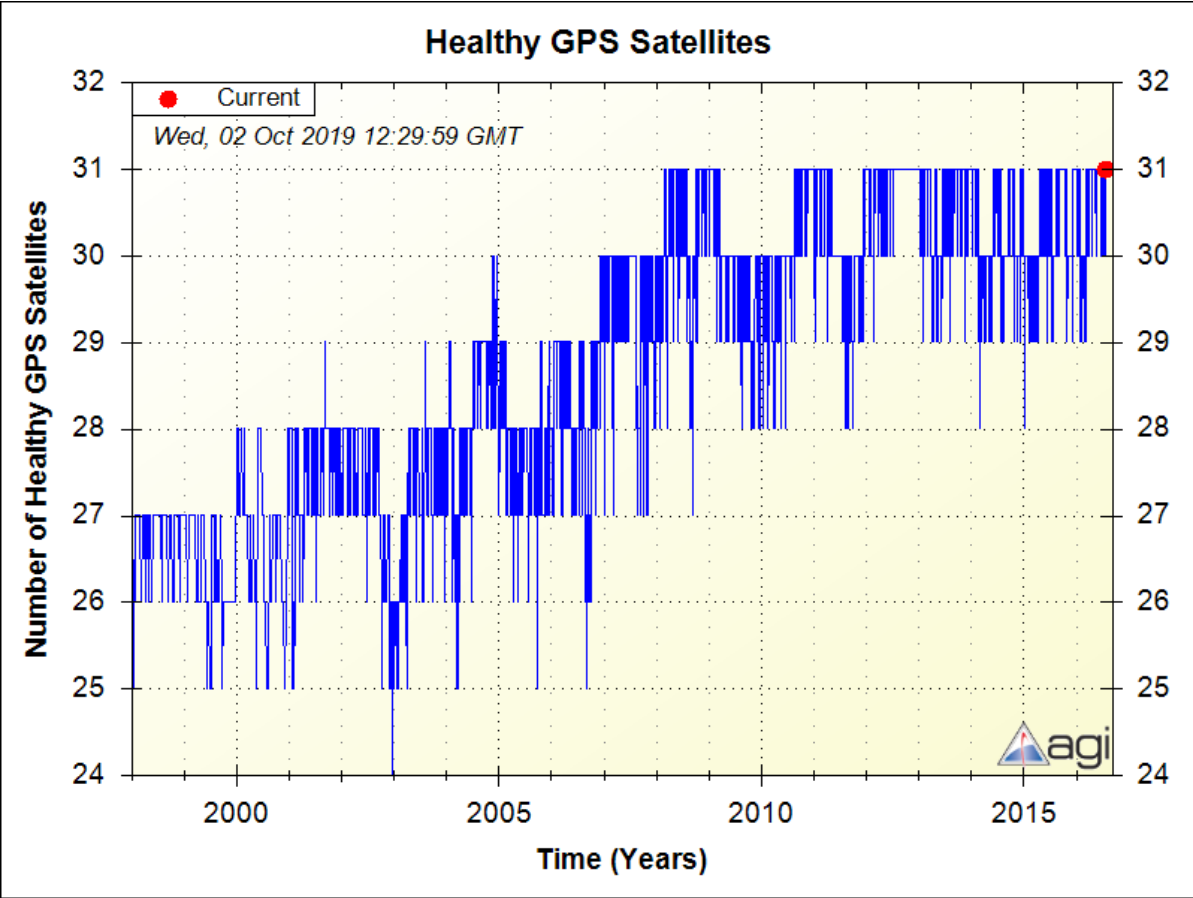
- 1996 GPS SVN 25 Fehler
- 1999 2019, 2038 GPS Woche 1023-0 (Firmware Empfänger)
- 2008 GPS Satellit Fehler
- 2014 01-April GLONASS 12 Stunden Fehler Konstellation
- ..,2012, 2016, 2020, 2024 GLONASS Woche Übergang (Firmware)
- 2016, 2015, 2012, 2008,... Sprung Sekunde (Firmware)
- 2016 Feb GPS SVN23 Zeitfehler.
- 2018-Nov-11 Galileo Tag (Konstellation)
- 2019-Juli Galileo Woche Fehler (Konstellation)
- ?

Von Fehlern kann man lernen.

Menschen machen keine Fehler, Systeme.

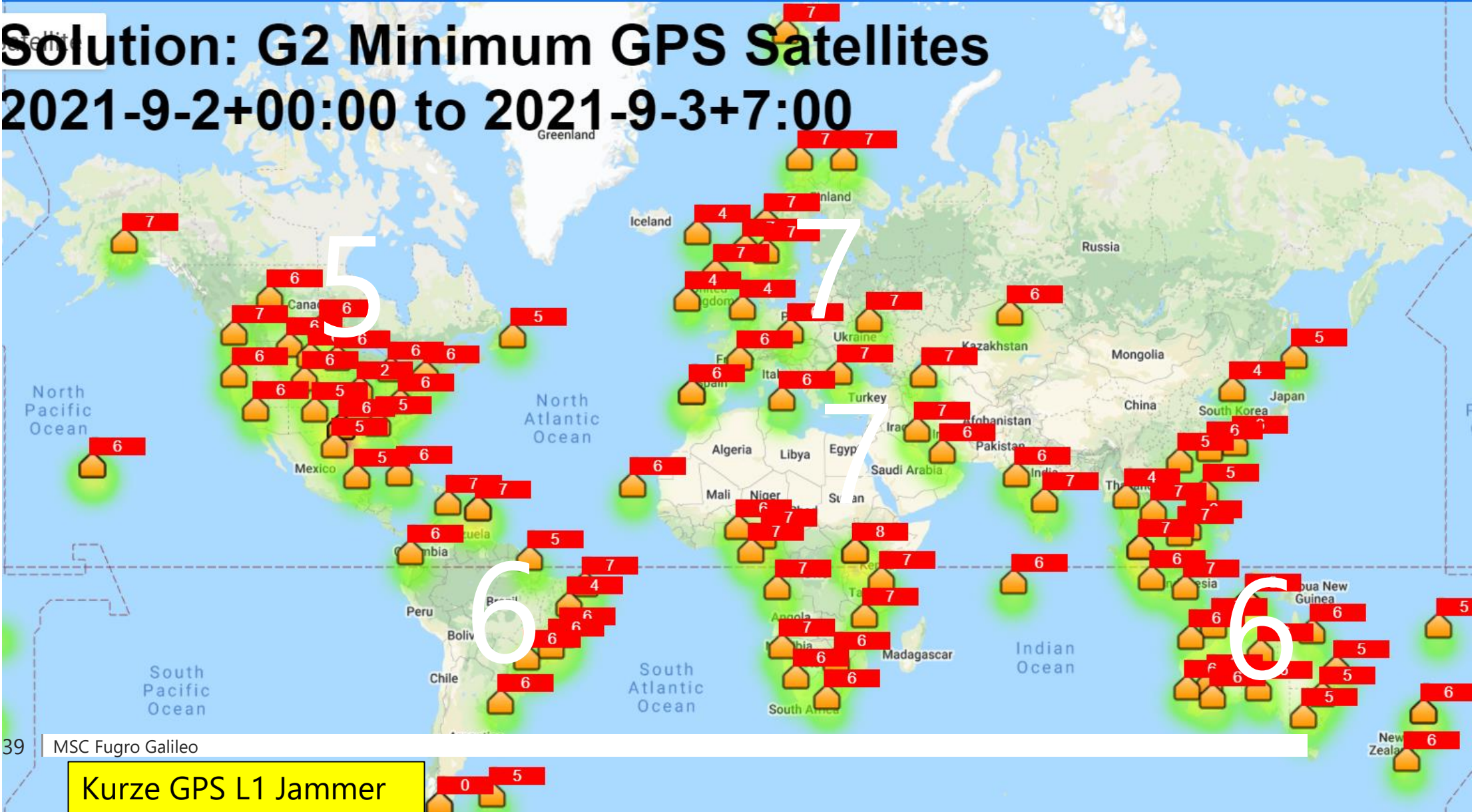
Mehr Konstellationen erhöhen die Robustheit!

gesunde GPS Satelliten. Auch 2 Unhealthy möglich



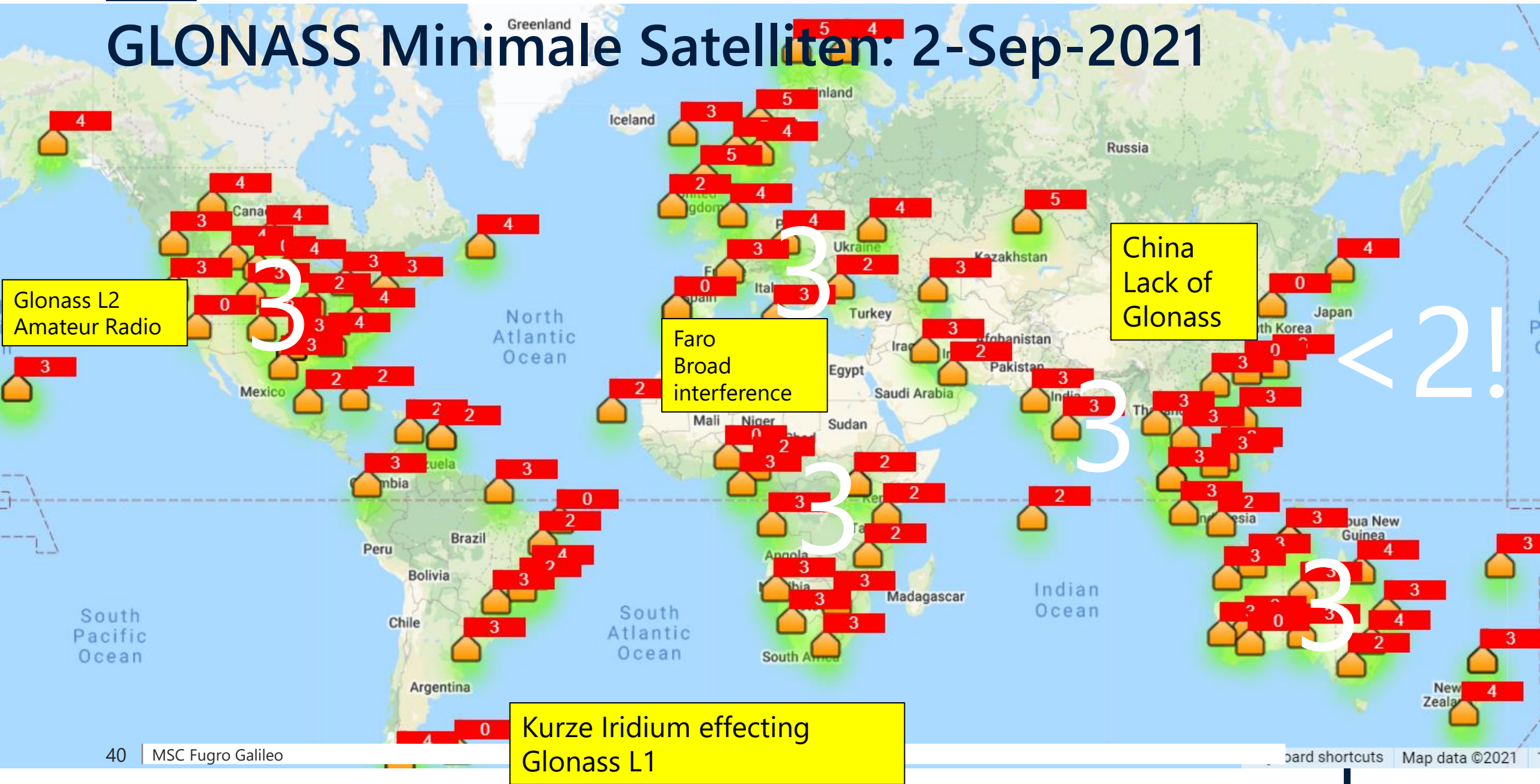
GPS Minimale verfügbare Satelliten: 02-Sep-2021

Solution: G2 Minimum GPS Satellites
2021-9-2+00:00 to 2021-9-3+7:00

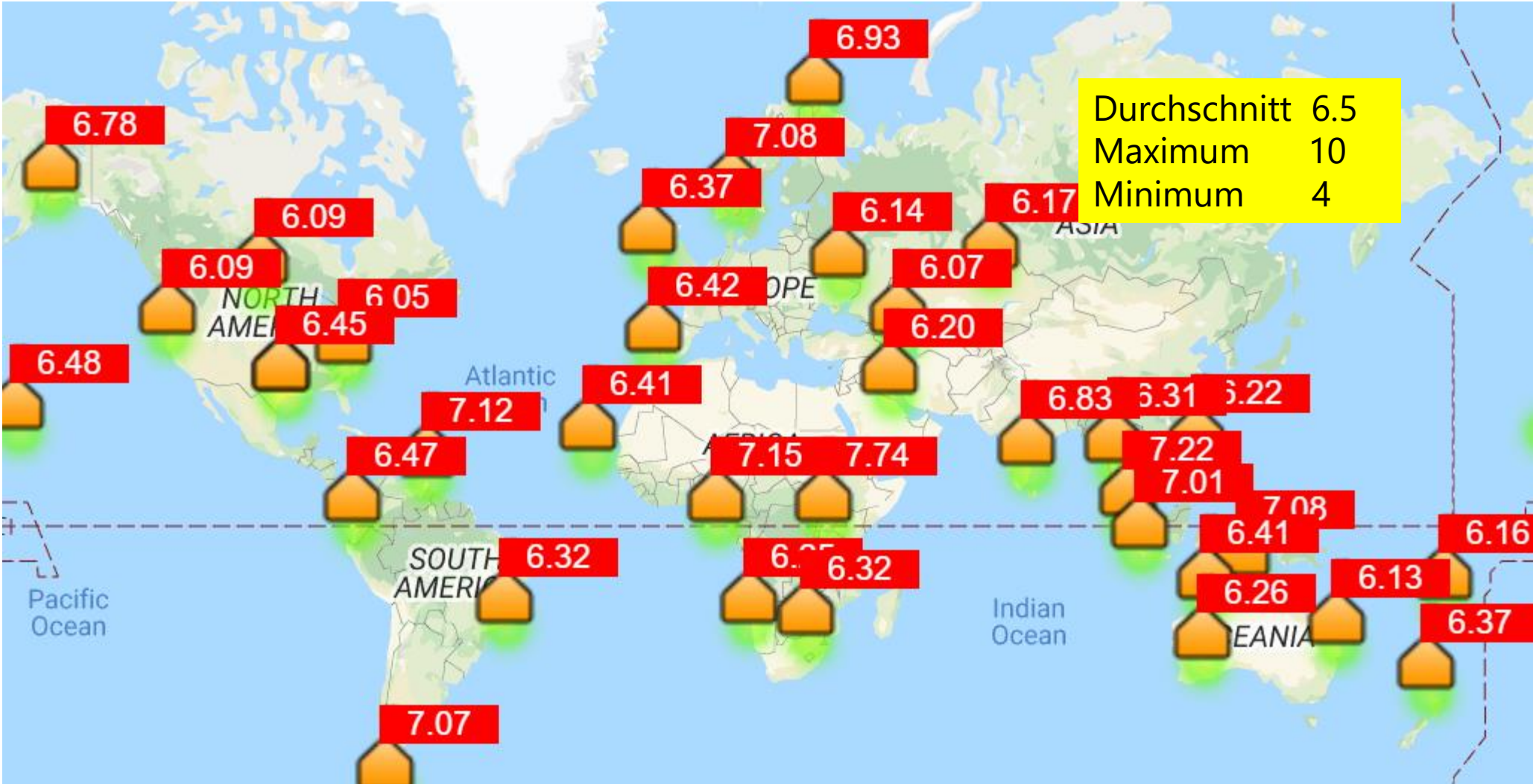


Kurze GPS L1 Jammer

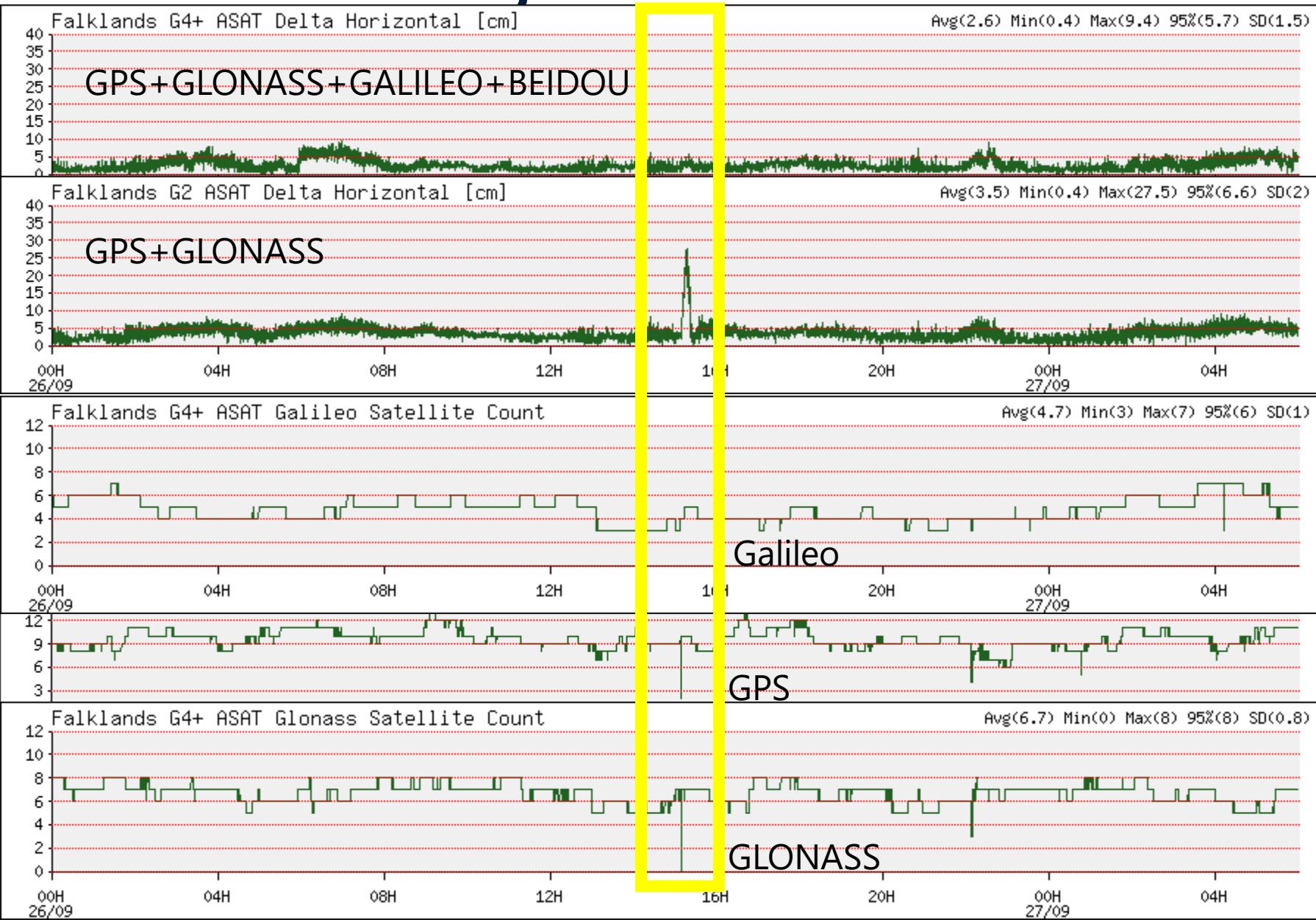
GLONASS Minimale Satelliten: 2-Sep-2021



Galileo : Durchschnittliche Satelliten 1-Sep



Funkstörungen: G4 Galileo hilft



G4 Kein Problem
G2 Spitze

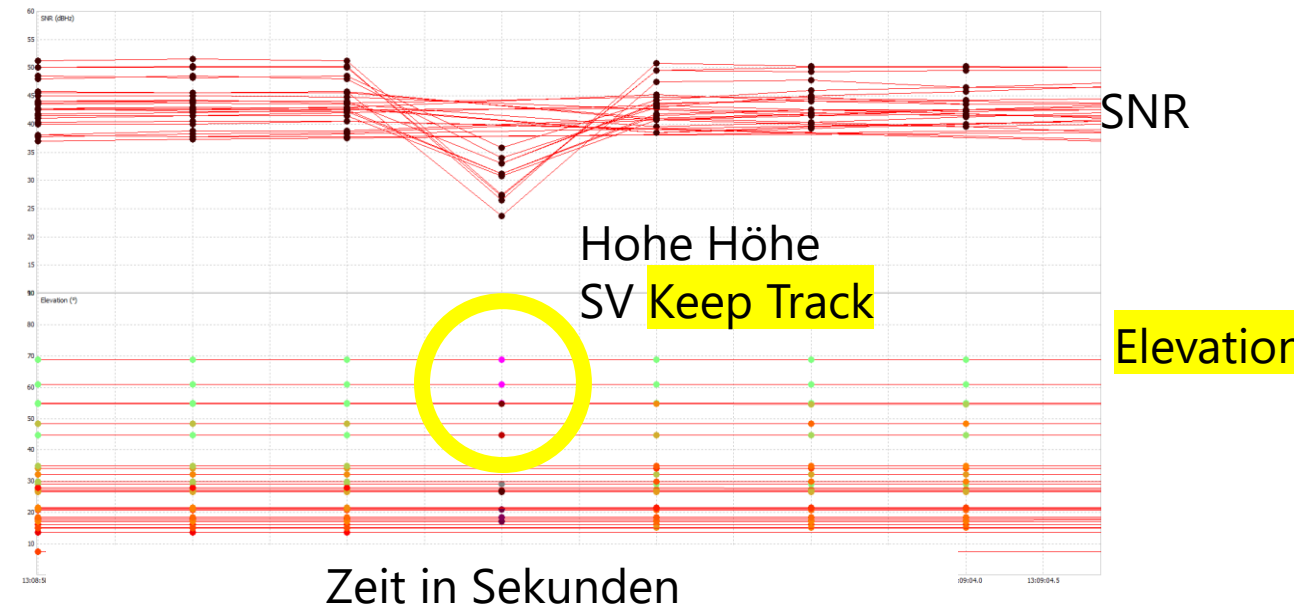
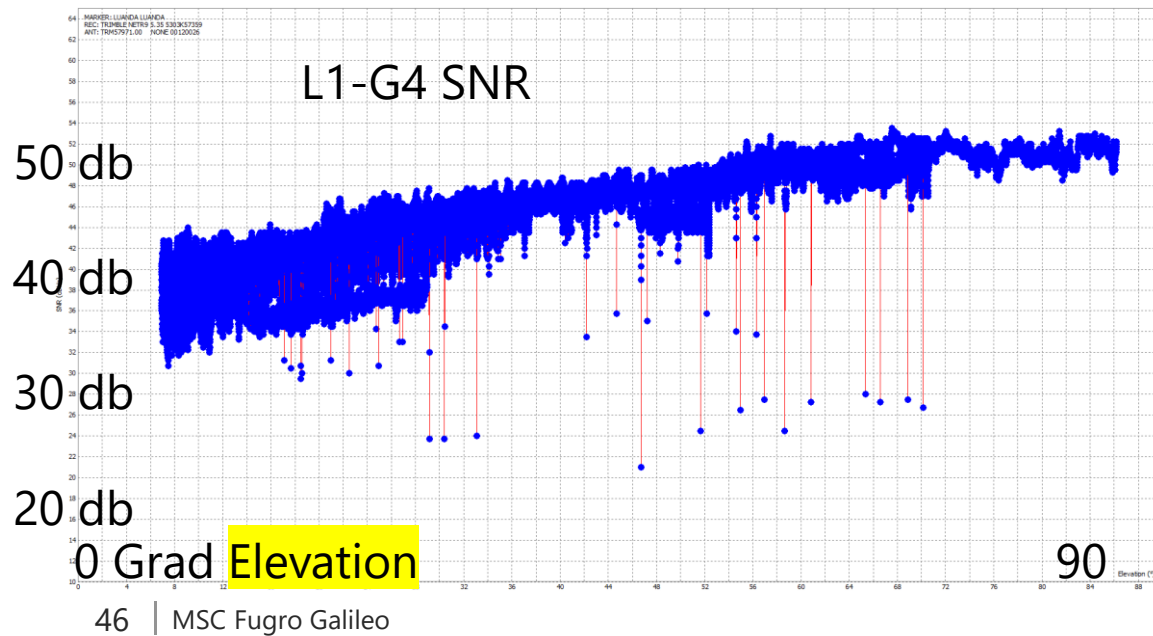
Galileo 3 SV
GPS 2 SV
BeiDou 2 SV
GLONASS 0 SV
Total 7 Sv

Es gibt viele solcher
Beispiele.

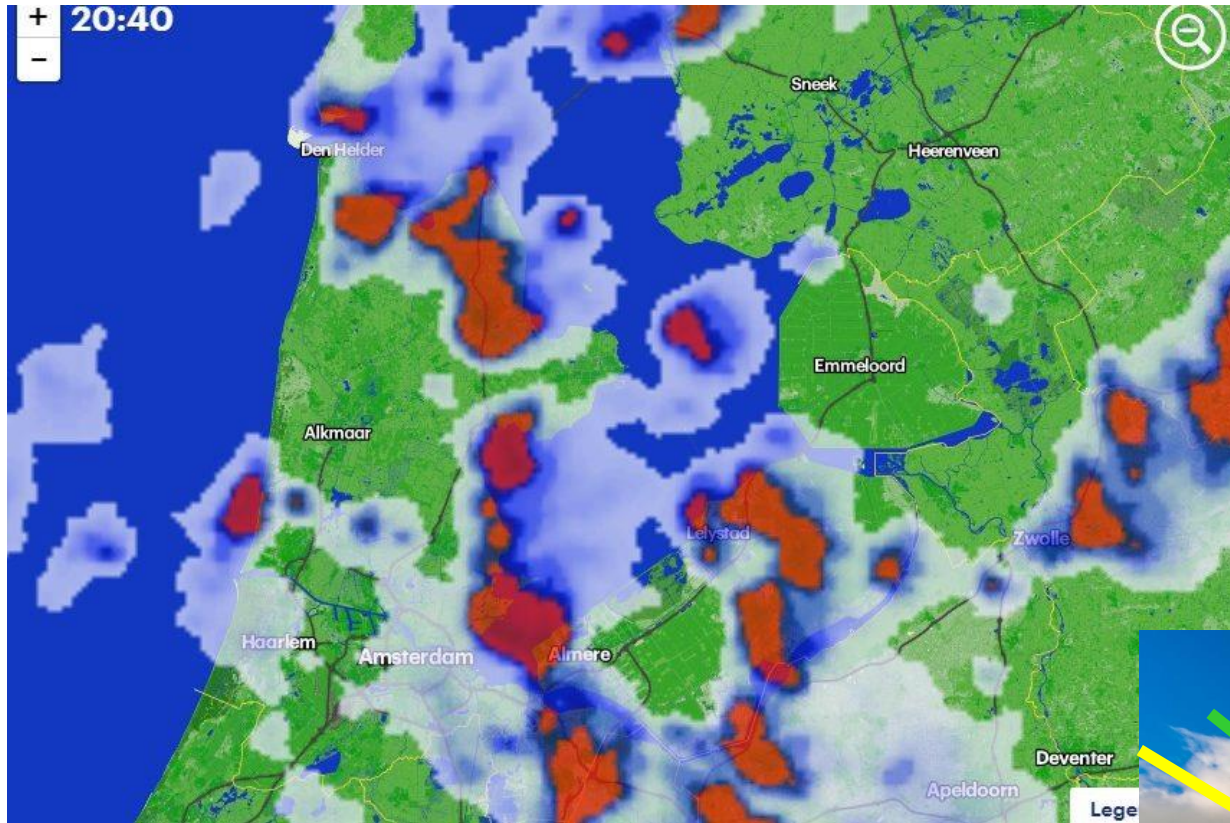
Data 2017

Radio Interferenz

- Satelliten **niedrig** am Horizont haben Lagere Signal.
- Bei Funkstörungen gehen Satelliten zuerst am Horizont verloren.
- Satelliten mit höherer Elevation haben mehr SNR
- Galileo L1, E5 haben stärkeres Signal als GPS IIF.
- Mehr Satelliten erhöhen die Chance, Position bei Funkstörungen zu bestimmen.

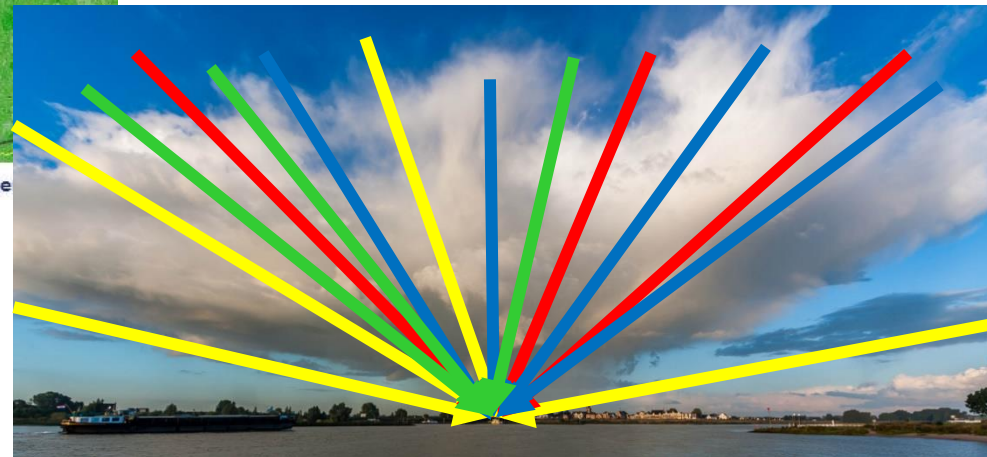


Starkregenschauer verschlechtern PPP



Mehr Satelliten reduzieren Positionsfehler.

Mai, Juli August 2018, 2019
Heftige Regenschauer über den Niederlanden



Starkregenschauer verschlechtern PPP



Mai, Juli August 2018, 2019

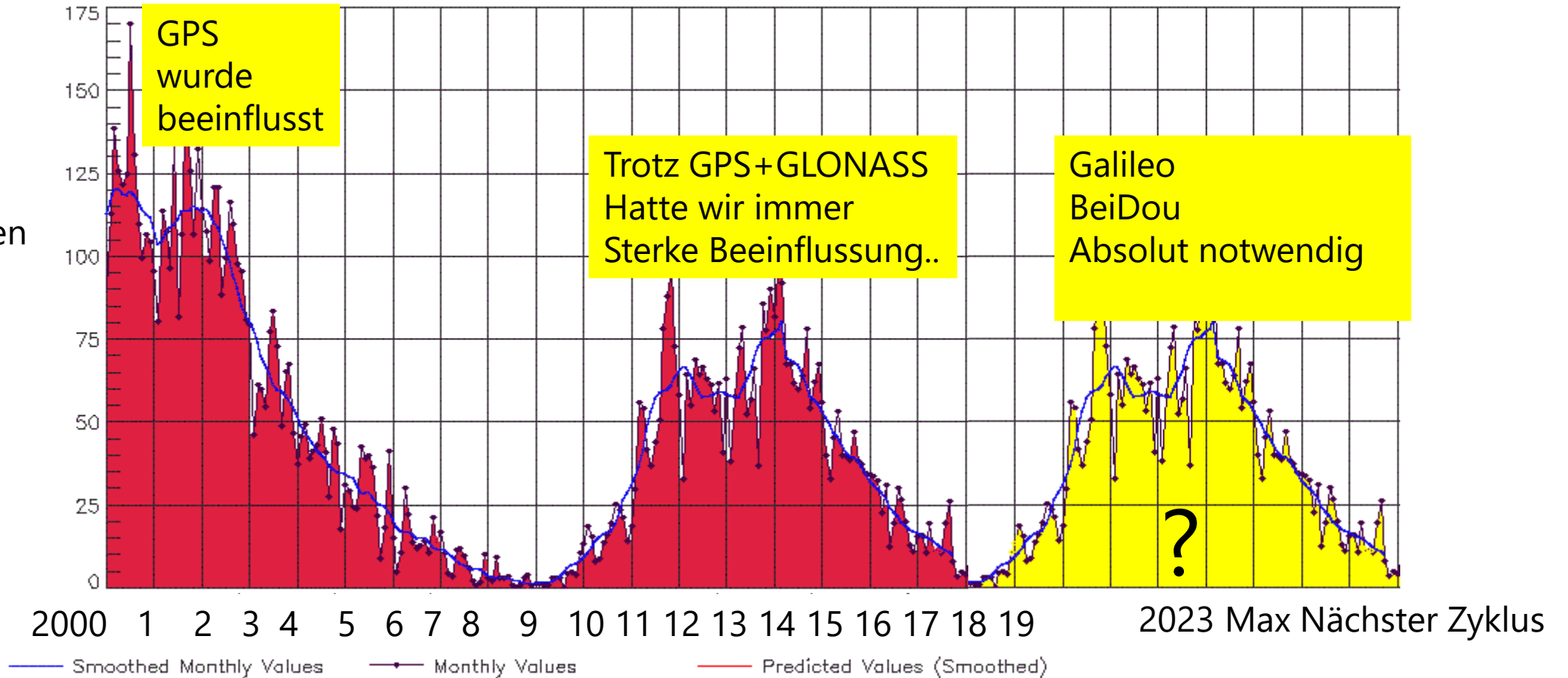
Heftige Regenschauer über den Niederlanden

Mehr Satelliten reduzieren Positionsfehler.

Sonnenaktivität

ISES Sonne Zyklus Sonnenflecken.

Anzahl
Sonnenflecken



Updated 2018 May 7

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

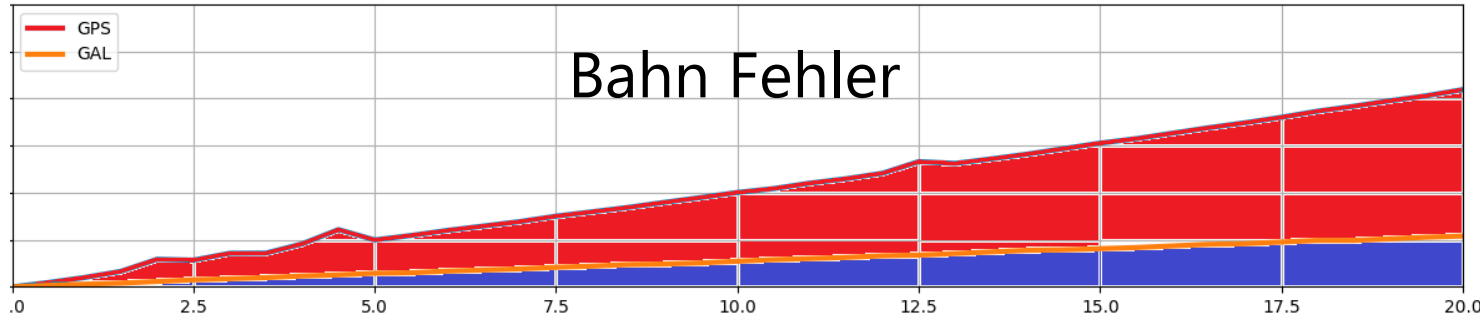
<https://www-swpc-noaa-gov/products/solar-cycle-progression>



GPS versus Galileo-Korrekturfehler im Vergleich

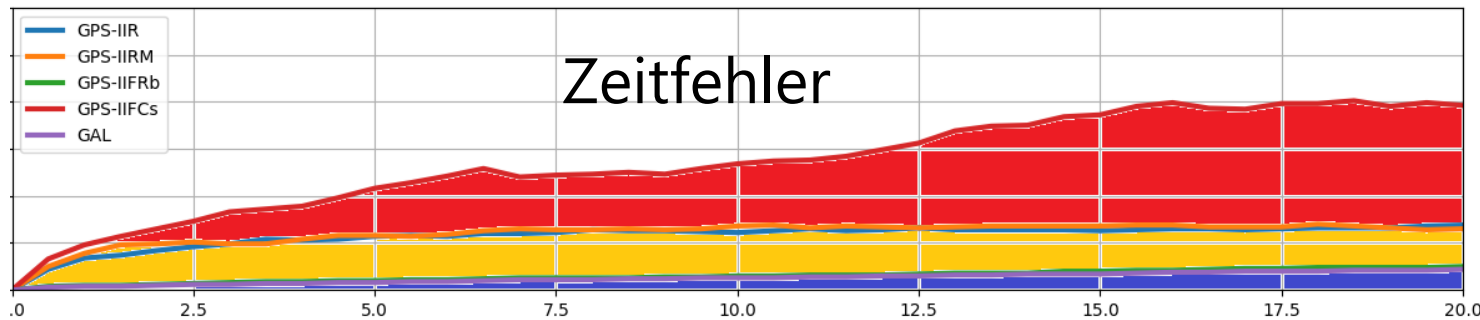
+30 cm

Correction propagation errors for GNSS satellites



GPS
20 cm nach 20
Minuten
Galileo
5 cm nach 20 Minuten

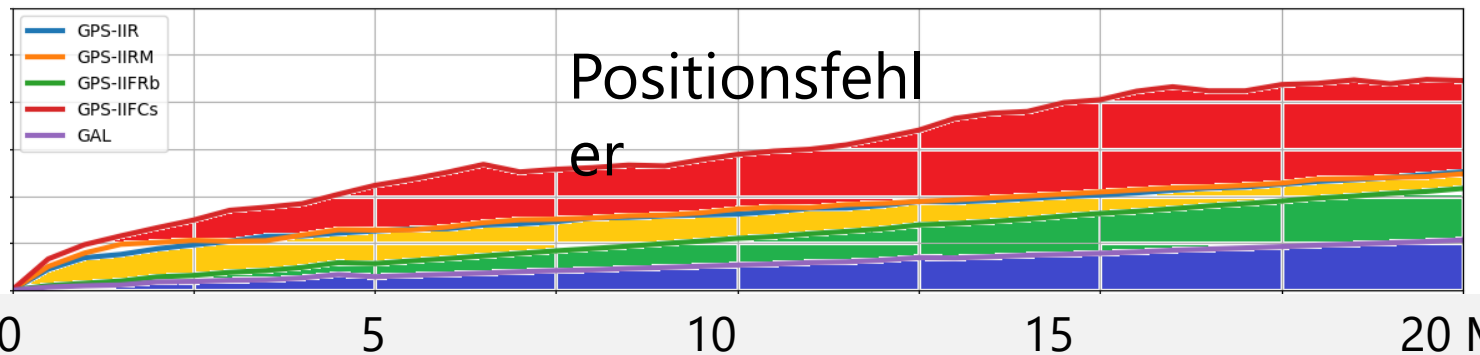
+30 cm



GPS
20 cm nach 20 Minuten

Galileo
2 cm nach 20
Minuten

+30 cm

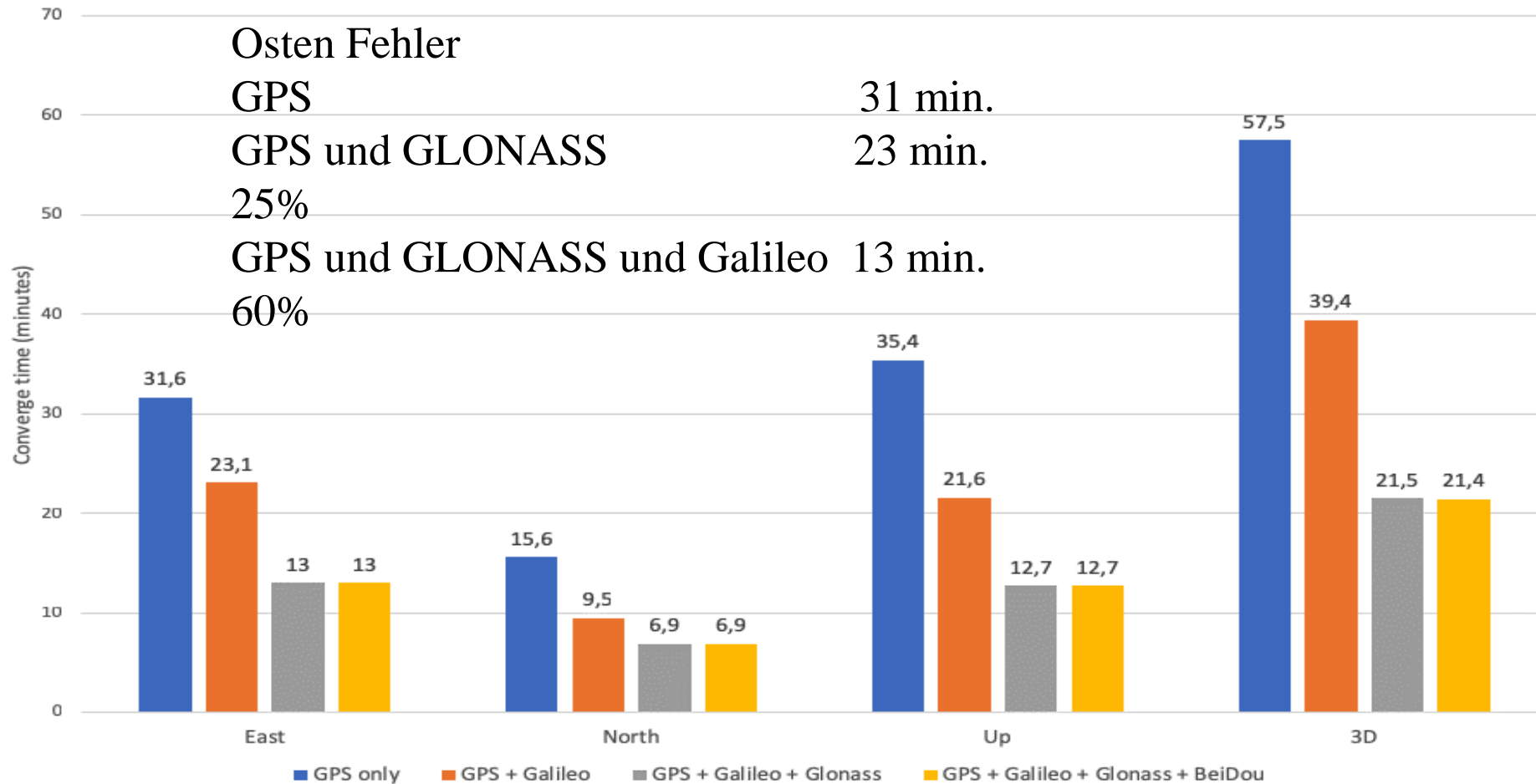


GPS
20 cm nach 20 Minuten

Galileo
5 cm Nach 20 Minuten

Konvergenz Zeit

Convergence time required for position error better than 10 cm (RMS)



Osten Fehler

GPS

31 min.

GPS und GLONASS

23 min.

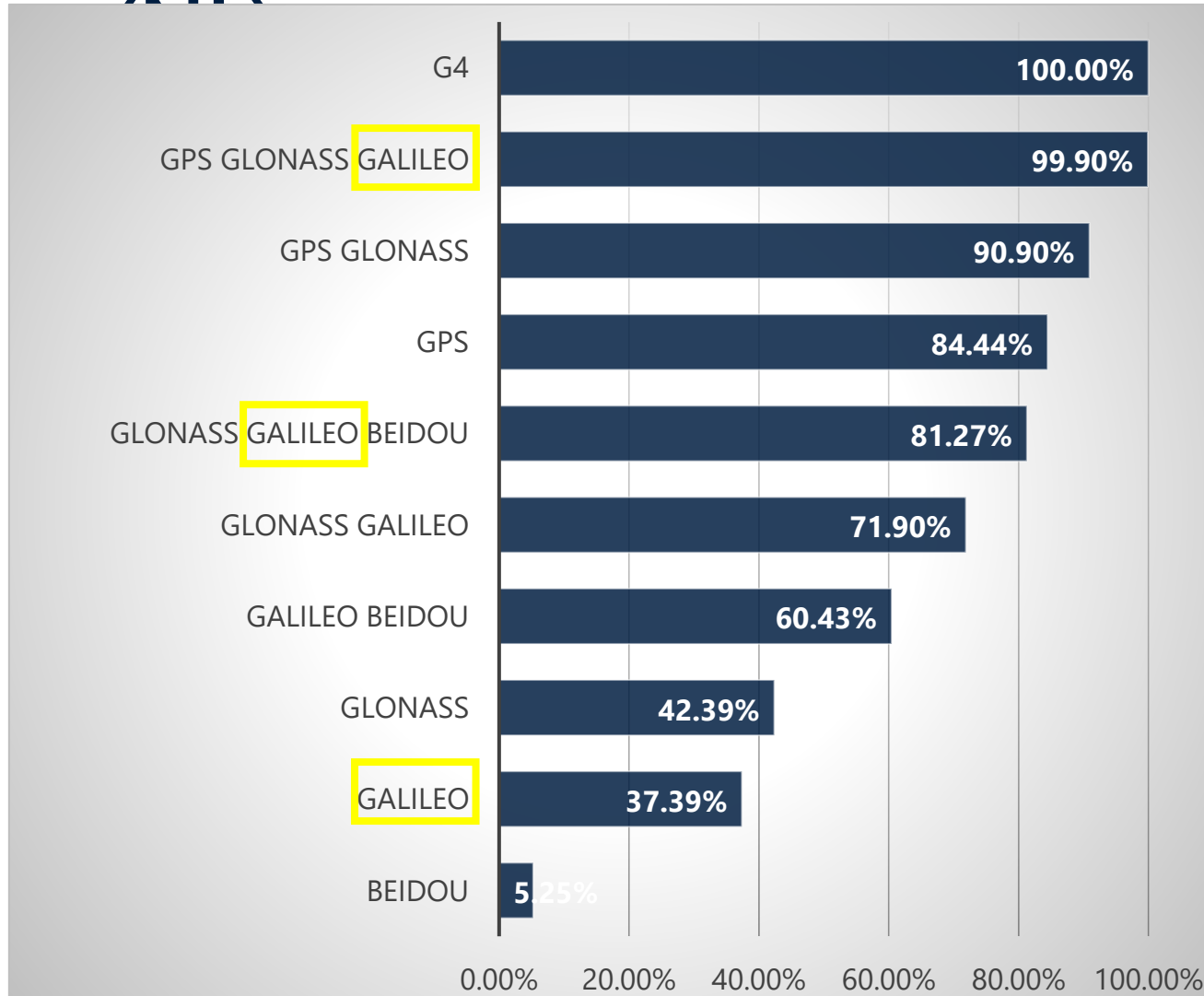
25%

GPS und GLONASS und Galileo

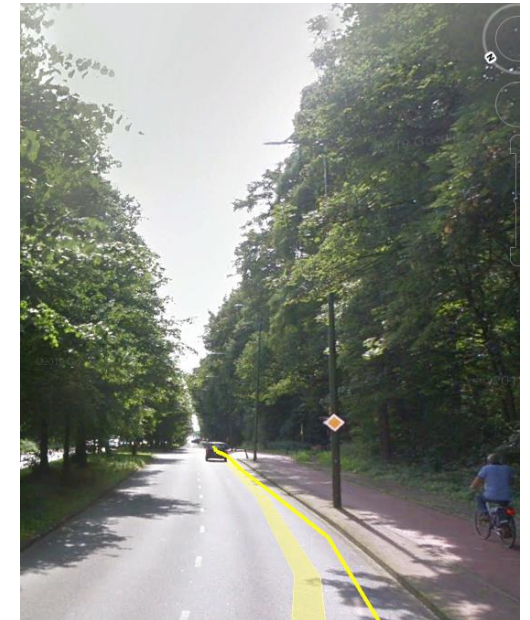
13 min.

60%

Verfügbarkeit Constellation fahren in Den Haag



Utrechter Baan



Den Haager Wald



3 Stunden Route.

G4 Vorteile für Benutzer

- Galileo-Signale sind stärker
- Bessere Galileo Zeit,
- Länger ohne GNSS-Korrektur Signalen.
- Mehr Frequenzen sind robuster
- Mehr Konstellation gibt:
 - Schnellere Konvergenz
 - Robuster gegen Konstellationsausfälle
 - Bessere Integrität für autonome Fahrzeuge.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit