



TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
DEPARTMENT FÜR GEODÄSIE
UND GEOINFORMATION
FORSCHUNGSBEREICH
HÖHERE GEODÄSIE

EPOSA Anwendertreffen 2024 - Zukunft von GNSS

Gregor Möller

17. Oktober 2024



15 Jahre EPOSA

Alles Gute für weitere 15 Jahre!



MASTERAARBEIT

Analyse des GNSS-Referenzstationsnetzes EPOSA

Modellierung systematischer Fehlereinflüsse

Ausgeführt am Institut für
Geodäsie und Geophysik
Forschungsgruppe Höhere Geodäsie
der Technischen Universität Wien

unter der Anleitung von
a.o. Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Robert Weber

durch
B.Sc. Gregor Möller

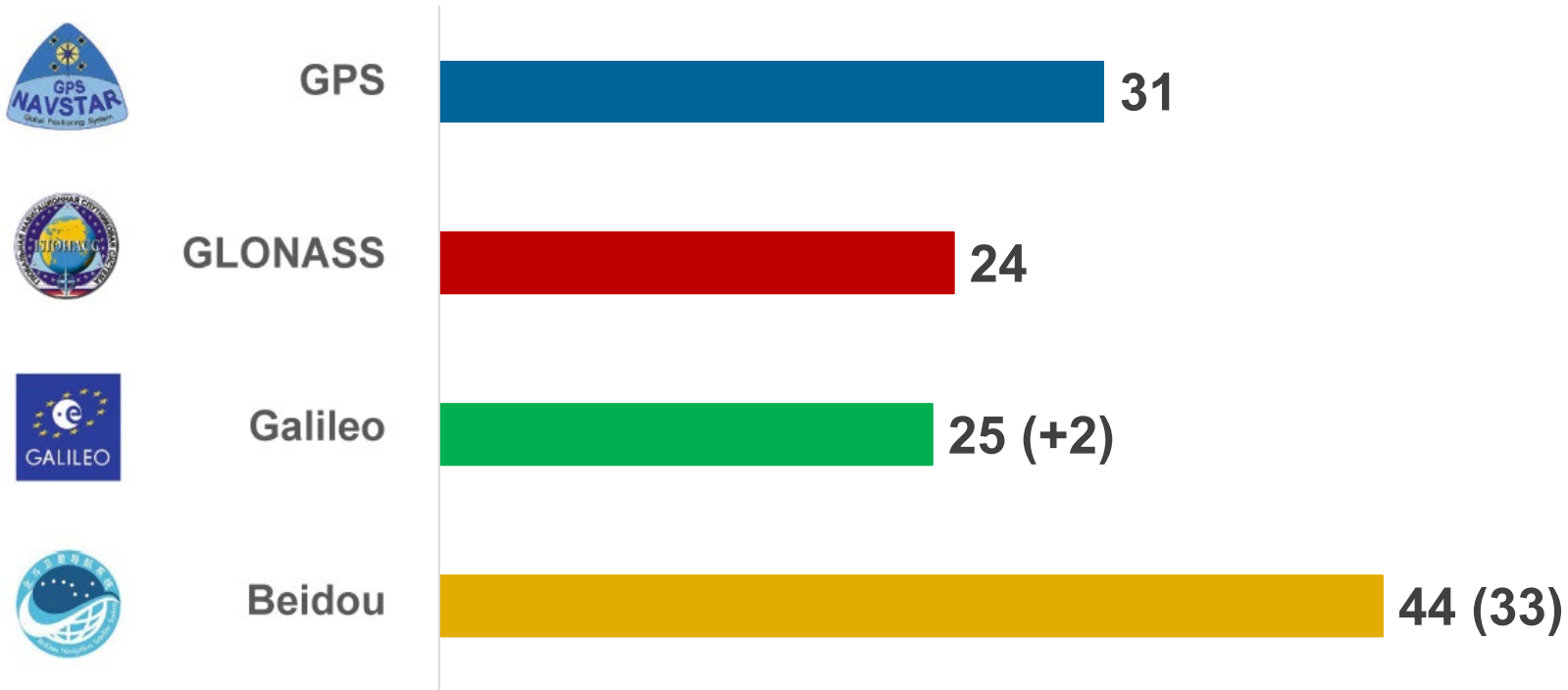
Währinger Straße 26/2/12
1090 Wien

Wien, den 27. Oktober 2010

Inhalt

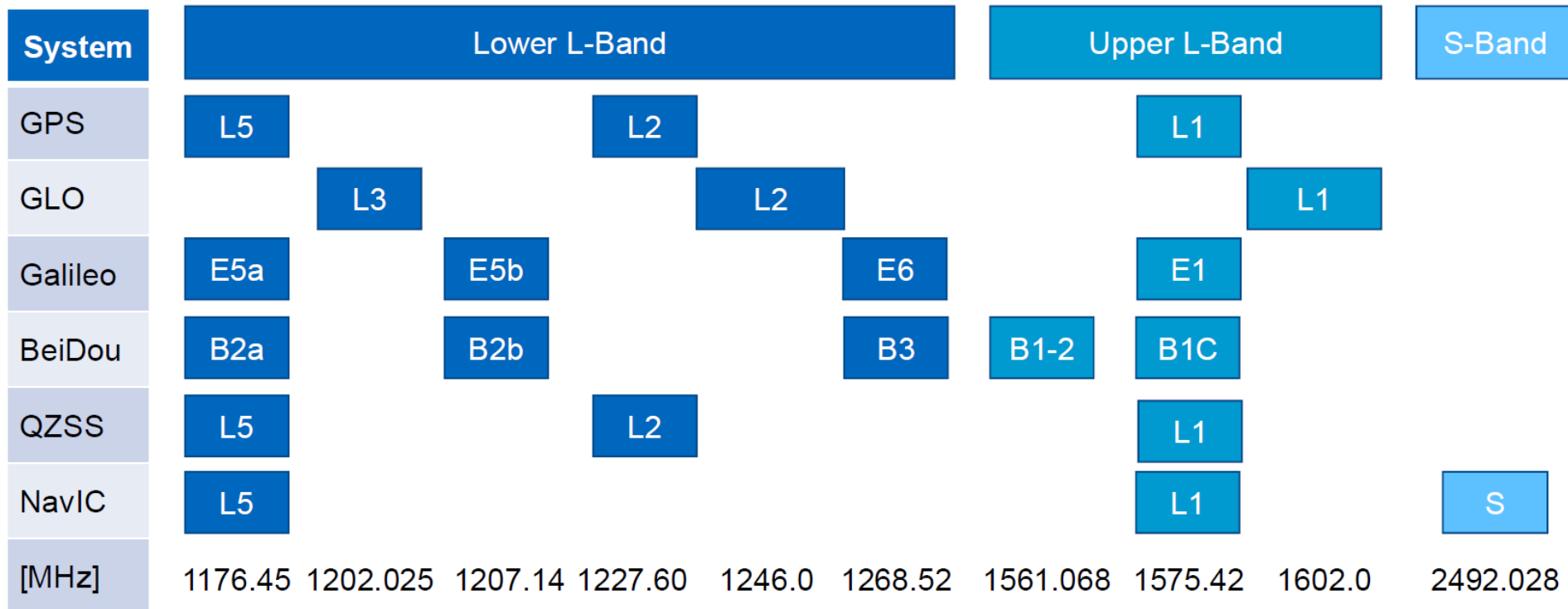
- Status GNSS
- Können wir uns weiterhin auf GNSS verlassen?
- Zukunft von GNSS: Welche Themen stehen im Fokus?
- Prognose: GNSS Marktentwicklung
- Zusammenfassung

Aktive Satelliten (Stand Oktober 2024)



NavIC: 7 Satelliten, QZSS: 5 Satelliten (Konzeptstudie mit 11 Satelliten)

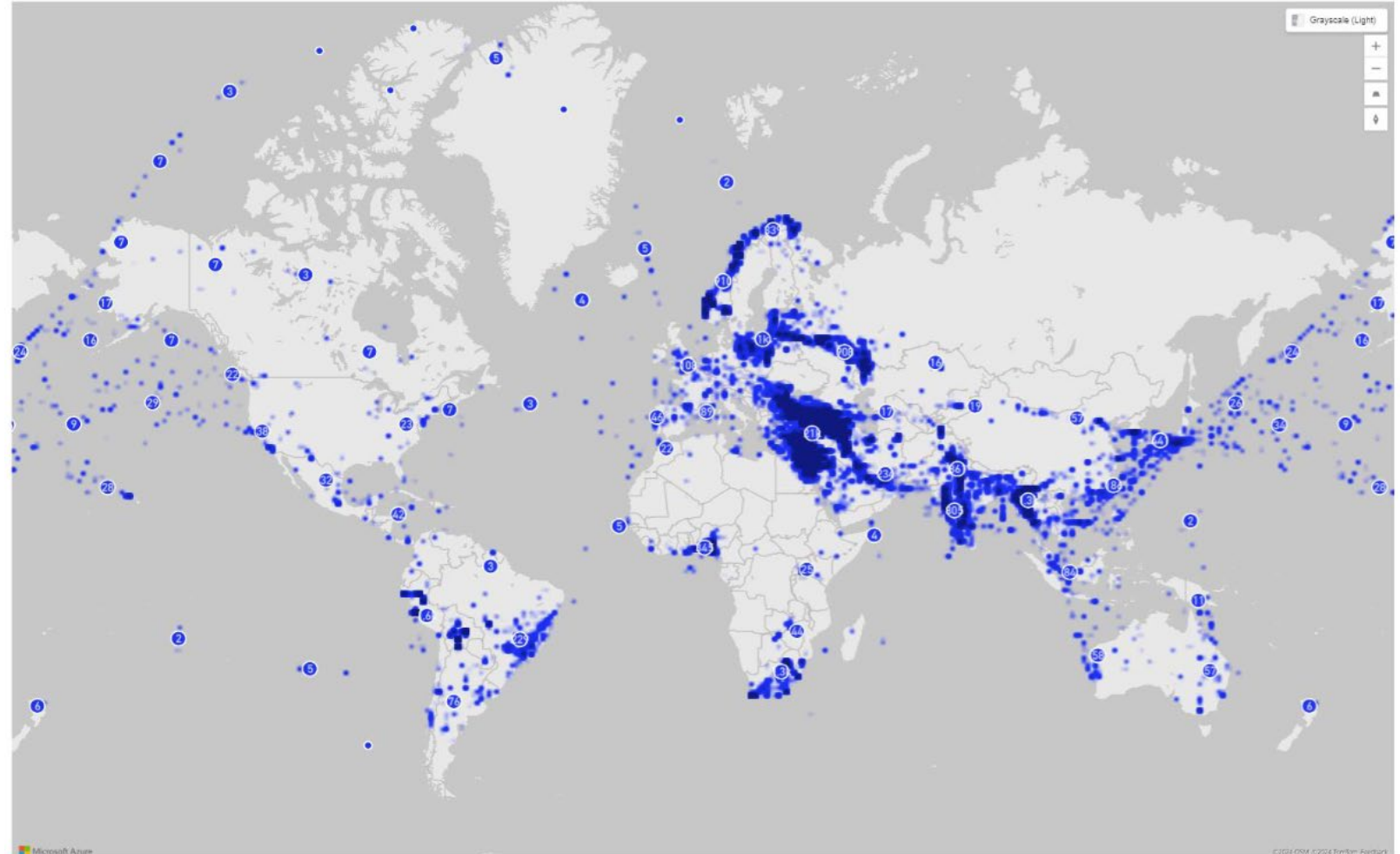
GNSS Frequenzbänder



Sehr große Bandbreite an Satelliten und Signalen mit nahezu 100% Verfügbarkeit!

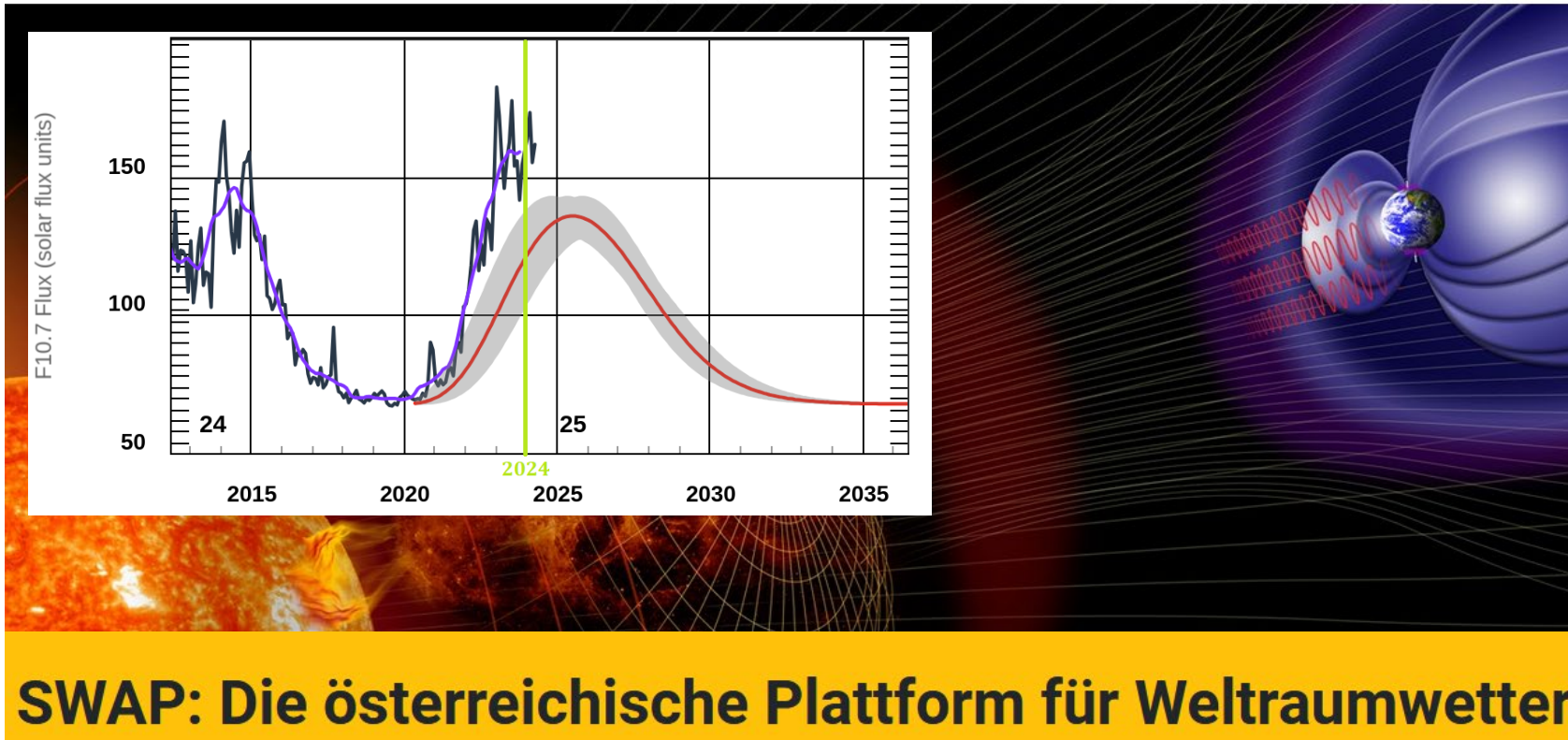
GNSS-Interferenzen

- Registrierte GNSS RFI Ereignisse zwischen Januar und Juni 2024
- Keine Region der Welt mit signifikantem Flugverkehr frei ist von GNSS-Interferenzen



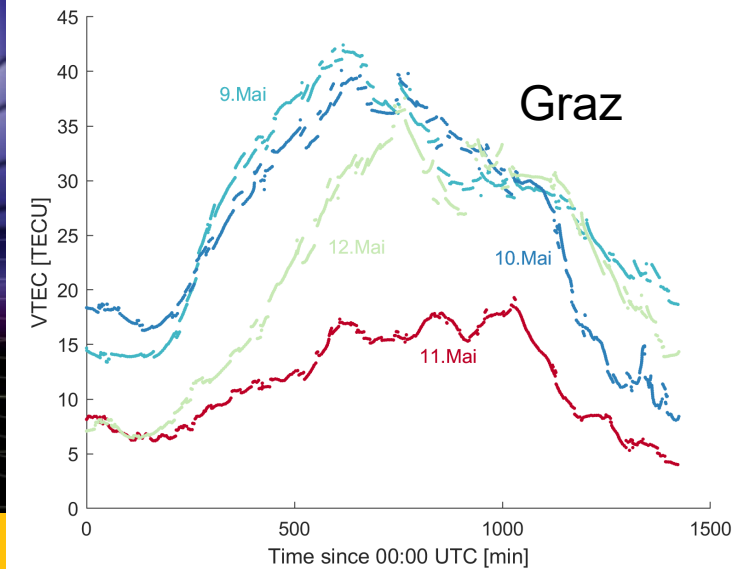
QUELLE: IATA, 2024

Weltraumwetter



QUELLE: SWAP, 2024

VTEC-Verlauf während des Sonnensturms im Mai 2024



PNT Services

SBAS

stabiler Betrieb

dm-Genauigkeit

Authentifizierung

LEO-PNT

Resilienz

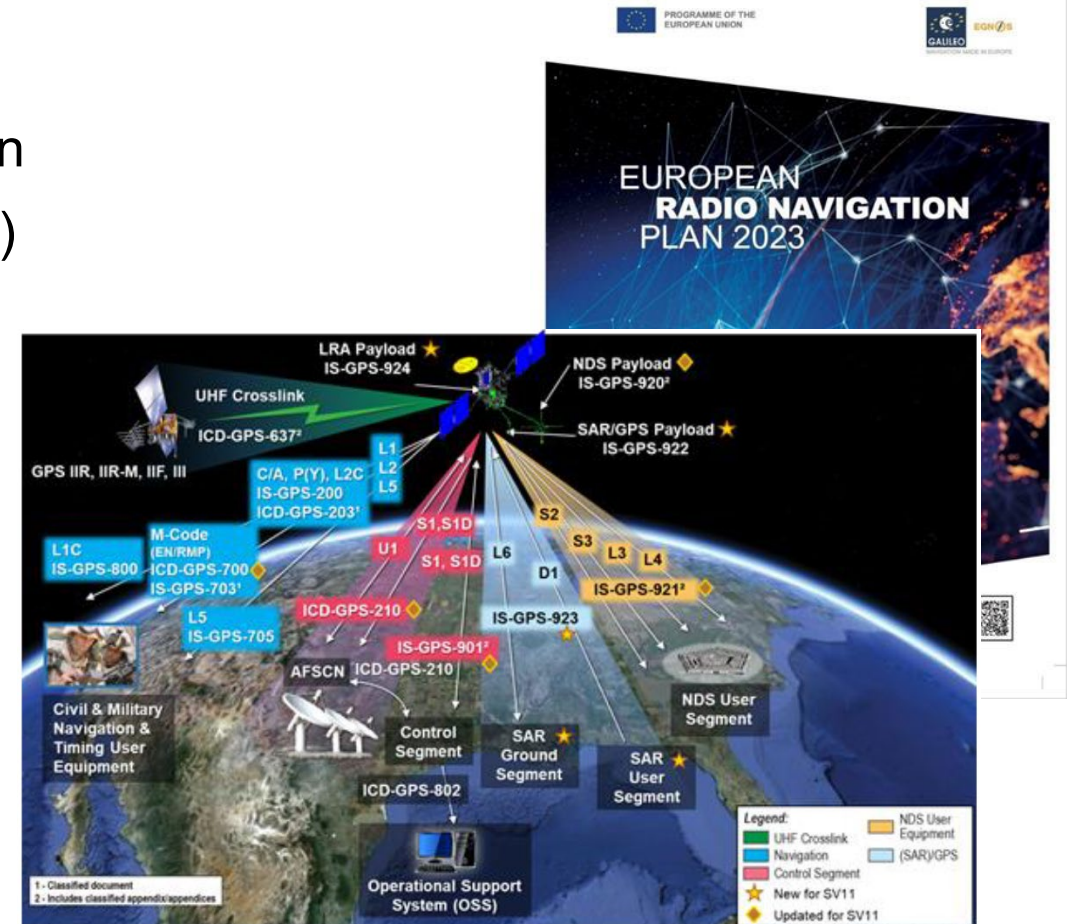
Künstliche Intelligenz

Messaging Service

Navigation zum Mond

PNT Services

- Höhere Genauigkeit durch zusätzliche Korrekturdaten (Galileo High Accuracy Service, Beidou PPP Service)
- Verbesserte Signalstruktur für schnellere Signalerfassung und Positionierung
- Search and Rescue (SAR) Service
- Sichere Signal- und Datenübertragung (secured-PNT)
- Emergency Warning Services

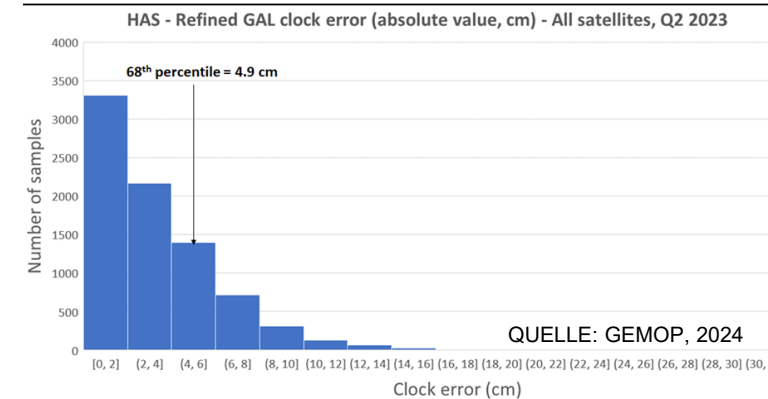
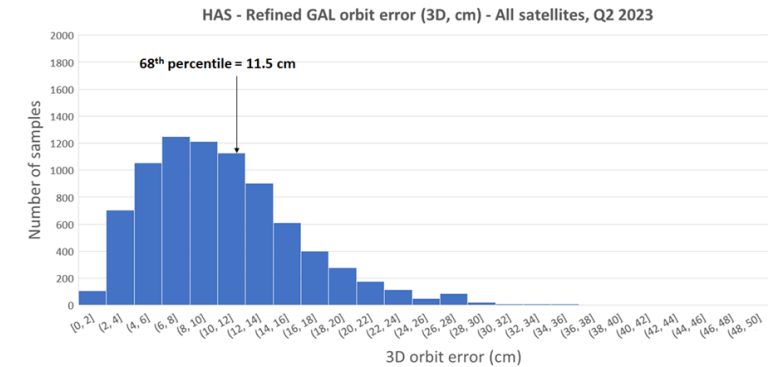


QUELLE: EMILE, ION GNSS+ 2024

PNT Services

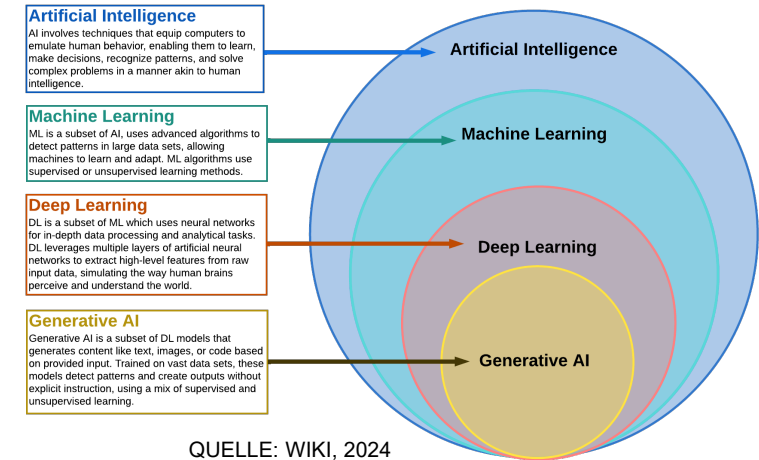
- Galileo High Accuracy Service (SL1 verfügbar seit Januar 2023)

HAS	SERVICE LEVEL 1	SERVICE LEVEL 2
COVERAGE	Global	European Coverage Area (ECA)
TYPE OF CORRECTIONS	PPP - Orbit, clock, biases (code and phase)	PPP - Orbit, clock, biases (code and phase) incl. atmospheric corrections
CORRECTIONS DISSEMINATION	SIS (Galileo E6-B) and IDD (Ntrip)	SIS (Galileo E6-B) and IDD (Ntrip)
SUPPORTED CONSTELLATIONS & FREQUENCIES	Galileo E1/E5a/E5b/E6; E5 AltBOC GPS L1/L5; L2C	Galileo E1/E5a/E5b/E6; E5 AltBOC GPS L1/L5; L2C
HORIZONTAL ACCURACY 95%	<20 cm	<20cm
VERTICAL ACCURACY 95%	<40cm	<40cm
CONVERGENCE TIME	<300 s	<100 s
USER HELPDESK	24/7	24/7



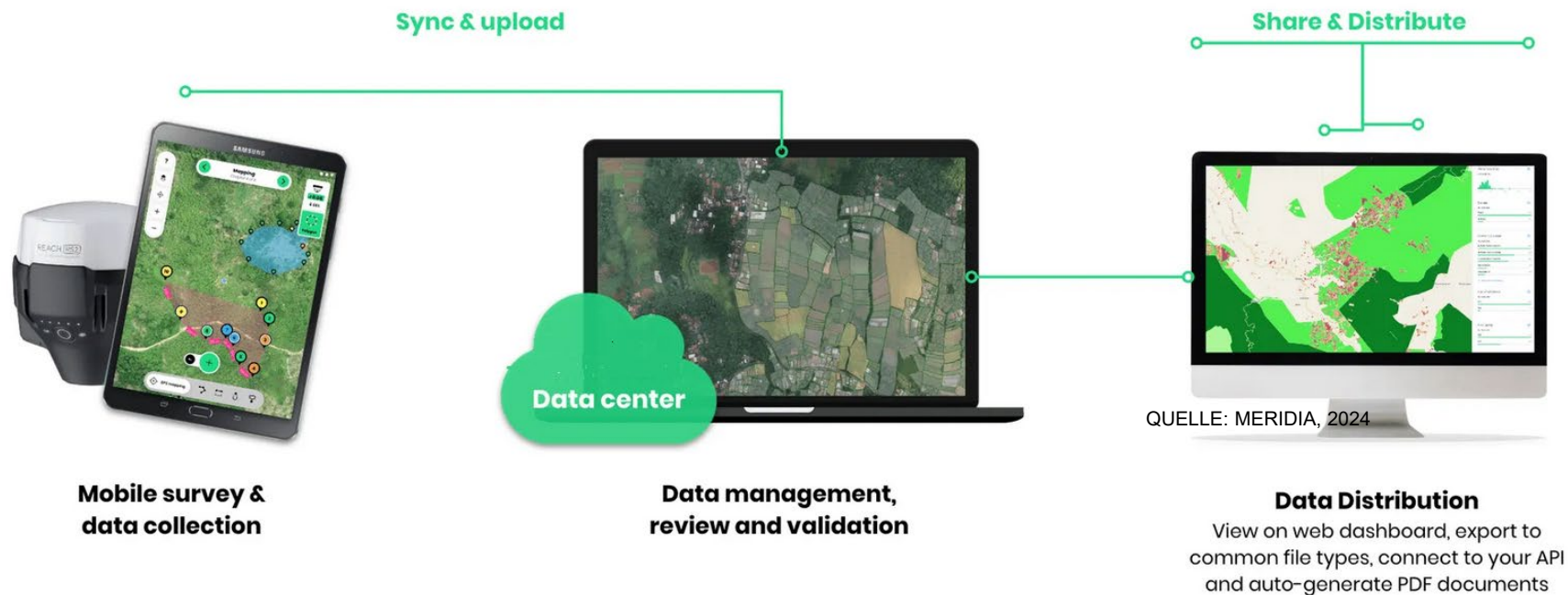
Künstliche Intelligenz

- Hohes Anwendungspotential bei Phänomenen, die wir nicht gut durch physikalisch-mathematische Gesetze modellieren können.
 - **Klassifizierung:** Erkennen und heruntergewichten von „schlechten Beobachtungen“ (Störsignalen, Mehrwegeeffekte, Außreiser, ...)
 - **Regression:** Erstellen von Korrekturmodellen (z.B. für die Korrektur von atmosphärischen Effekten oder Satellitenuhrfehlern)
 - **Optimierung:** Für die Optimierung von Fahrrouten und der dynamischen Anpassung von Filter-Parametern; z.B. in Kooperation mit anderen Nutzern



Künstliche Intelligenz

- Anwendungsbeispiel: Beobachtungsdaten-Analyse



Wie lange müssen für eine gewisse Genauigkeit GNSS Rohdaten im Feld aufgezeichnet werden?

LEO-PNT



12U Cubesat
 Followed by 4x Microsats ~100kg
 Quasi Polar Orbit ~550 km
 L/S, C and UHF Signal In Space and 2-way payload (S-band)



16U Cubesat
 Followed by 4x 20U Cubesats
 Quasi Polar Orbit ~550 km
 L/S, C and UHF Signal in Space and 2-way payload (UHF-band)

Aufbau einer Mini LEO-PNT Konstellation bis 2027

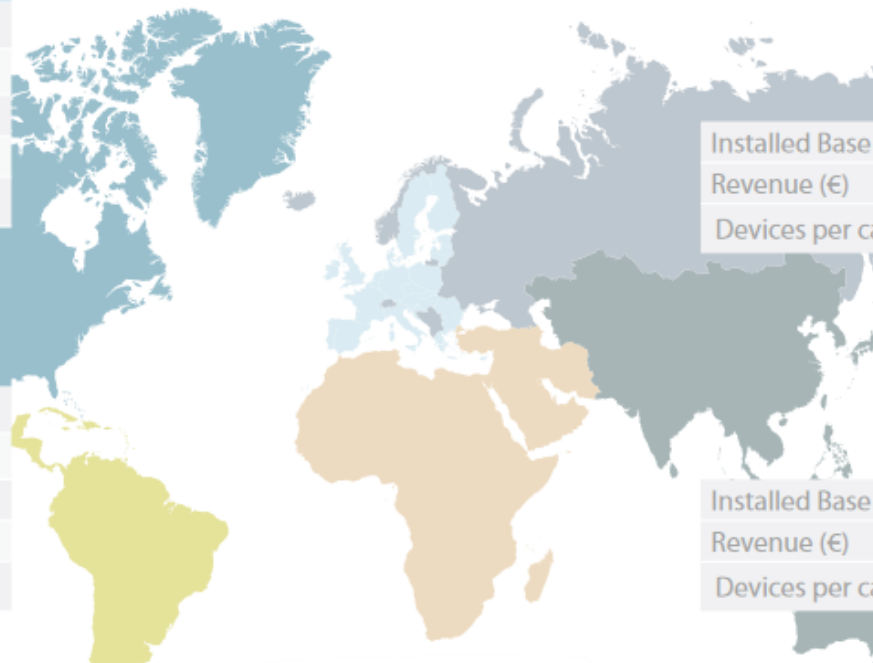


QUELLE: FALCONE, 2024

Resilienz

- GNSS ist in unser Leben stark integriert. Ausfälle, zum Beispiel durch unabsichtliche oder gezielte Angriffe, hätten erhebliche Auswirkungen.
- Wie können wir uns vor Ausfällen besser schützen?
 - Konstellationen aus GEO, IGSO, MEO und LEO Satelliten (LEO-PNT, R-GPS)
 - Verbesserte Anti-Jam-Fähigkeit: >Signalstärke, >Frequenzen, Verschlüsselungstechnik (GPS-III Signale sind 8-mal widerstandsfähiger gegen Störeinflüsse)
 - Sensor-Kombination: GNSS + INS + 5G/6G + eLoran ...?

Prognose: GNSS Marktentwicklung



European Union (EU28)				
	2019		2029	
	Value	%	Value	%
Installed Base	0.7 bln	11.0	1.0 bln	11.0
Revenue (€)	38.4 bln	25.5	65.3 bln	20.1
Devices per capita	1.4		2.1	

Russia and Non-EU 28 (Non-EU28 Europe)				
	2019		2029	
	Value	%	Value	%
Installed Base	0.3 bln	4.0	0.3 bln	3.5
Revenue (€)	9.7 bln	6.4	16.3 bln	5.0
Devices per capita	1.1		1.5	

North America				
	2019		2029	
	Value	%	Value	%
Installed Base	1.0 bln	15.9	1.5 bln	15.2
Revenue (€)	40.3 bln	26.7	92.2 bln	28.4
Devices per capita	2.0		2.7	

Asia-Pacific				
	2019		2029	
	Value	%	Value	%
Installed Base	3.4 bln	53.2	5.1 bln	53.5
Revenue (€)	46.0 bln	30.5	106.0 bln	32.7
Devices per capita	0.8		1.1	

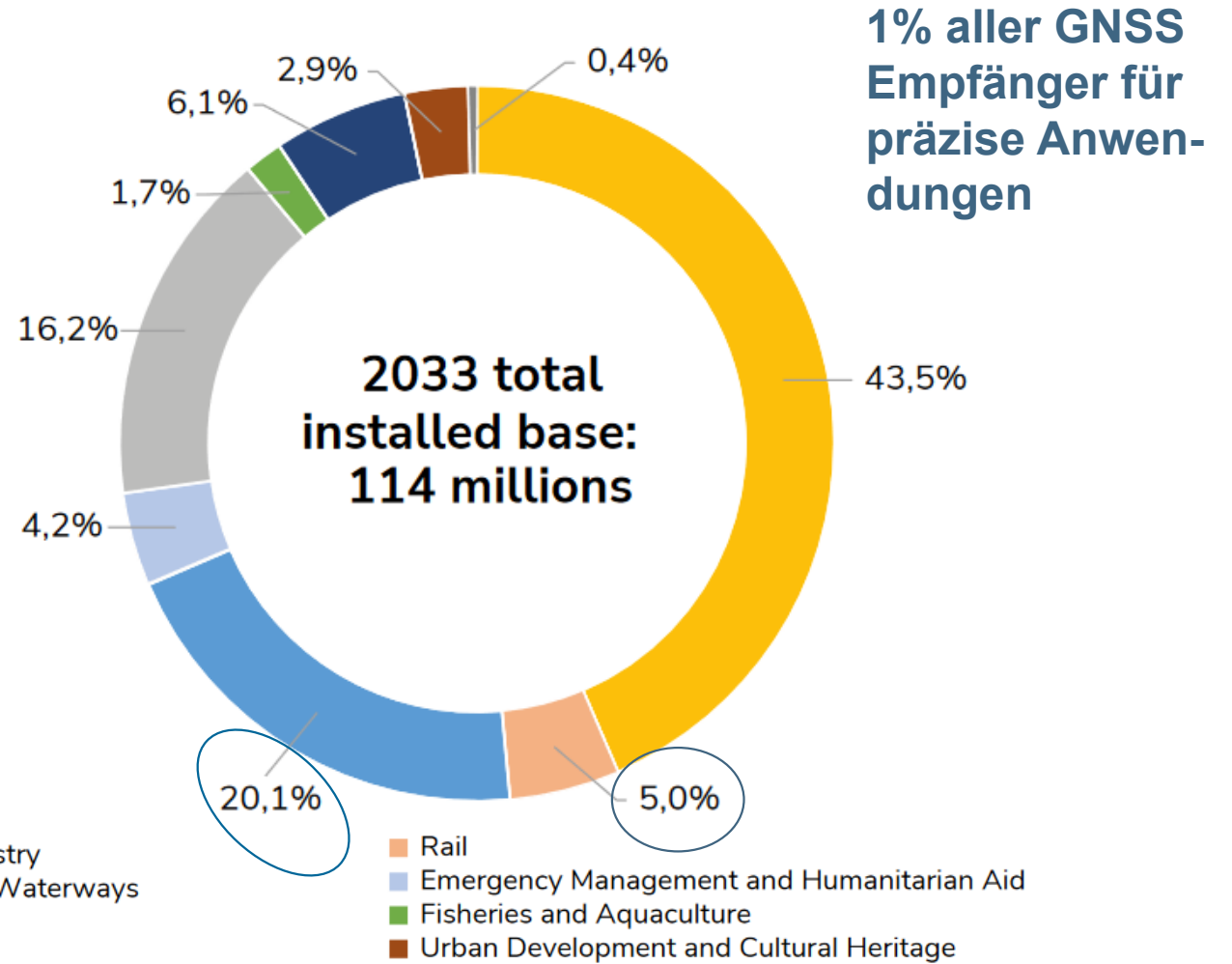
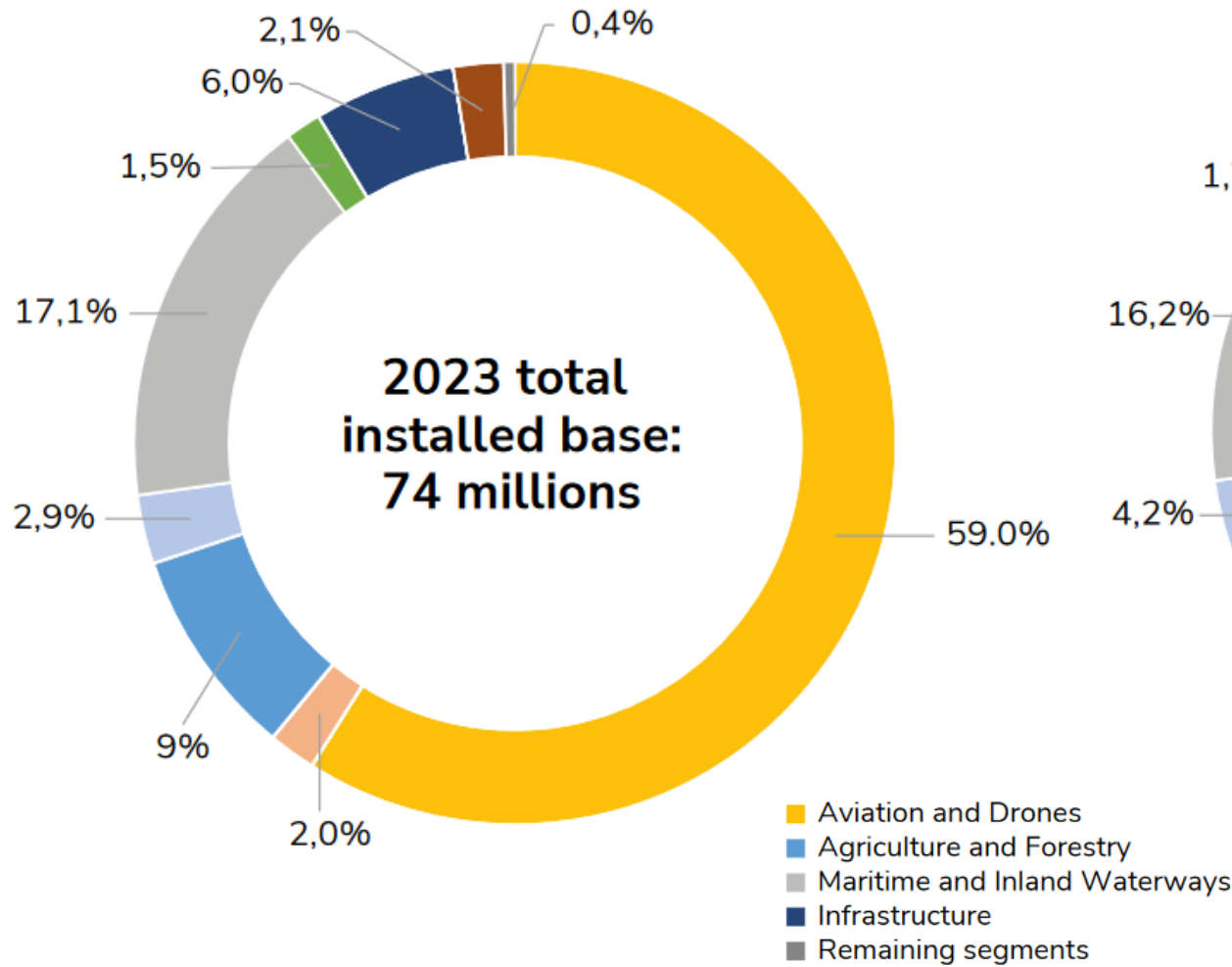
South America + Caribbean				
	2019		2029	
	Value	%	Value	%
Installed Base	0.6 bln	9.7	0.9 bln	9.3
Revenue (€)	8.1 bln	5.4	13.2 bln	4.1
Devices per capita	1.2		1.6	

World		
	2019	2029
	Value	Value
Installed Base	6.4 bln	9.5 bln
Revenue (€)	150.7 bln	324.4 bln
Devices per capita	0.8	1.1

Middle East + Africa				
	2019		2029	
	Value	%	Value	%
Installed Base	0.4 bln	6.3	0.7 bln	7.5
Revenue (€)	8.2 bln	5.4	31.4 bln	9.7
Devices per capita	0.2		0.4	

QUELLE: GSA GNSS MARKET REPORT 2019

Prognose: GNSS Marktentwicklung



QUELLE: GSA GNSS MARKET REPORT 2023

- **Die leise Revolution von GNSS:** PNT Services, Einzug von künstlicher Intelligenz, LEO-PNT, Resilienz, ...
- **Ein GNSS-Empfänger pro Person:** Im Jahr 2025 wird die Zahl der GNSS-Geräte voraussichtlich auf 8 Milliarden Einheiten anwachsen, was im Durchschnitt ein Gerät pro Kopf bedeutet.
- **Weltweite Positionsgenauigkeit im Dezimeterbereich!**
(nach einer Konvergenzzeit von 5 min)
- **Nationale Referenzstationsnetzte** bleiben weiterhin das Fundament für die hochgenaue Positionierung.



Kontakt

Gregor Möller

Technische Universität Wien
Department für Geodäsie und Geoinformation
Wiedner Hauptstraße 8-10
1040 Wien

Telefon: +43 1 58801 12896
gregor.moeller@geo.tuwien.ac.at