

# **Raumbezug aus Sicht der Wissenschaft**

## **Anwendungen, Anforderungen und Perspektiven**

**Prof. Dr.-Ing. Hansjörg Kutterer**

**Geodätisches Institut  
Karlsruher Institut für Technologie**

# Gliederung

- Einführung und Motivation
- Geodätischer Raumbezug aus Anwendungssicht
- Globale Geodäsie und regionale Bezüge
- Tendenzen und Perspektiven
- Zusammenfassung und Ausblick

# Einführung und Motivation

## Geodäsie als Wissenschaft von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche



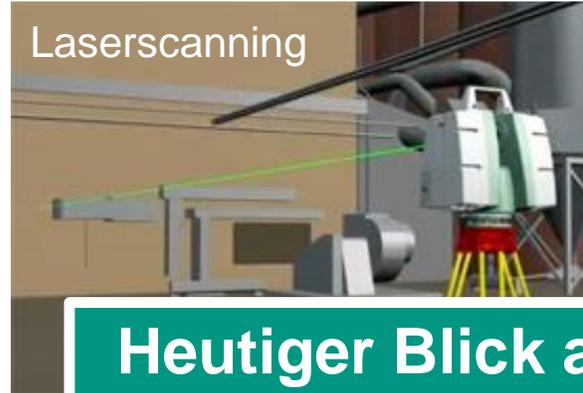
Heutiger Blick auf die Aufgabe:  
Geodaten als  
Daten mit Koordinaten



<https://www.ldbv.bayern.de>

# Einführung und Motivation

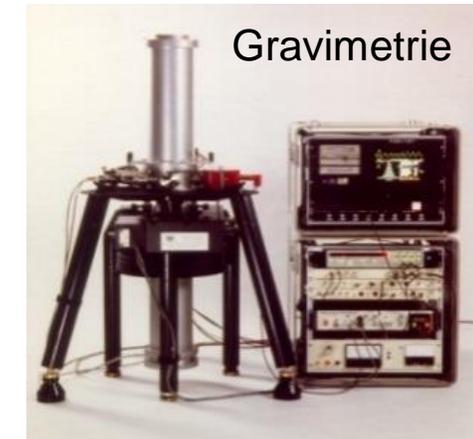
## Geodäsie als Wissenschaft von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche



Heutiger Blick auf die Aufgabe:  
Fülle an spezifischen,  
komplementären Messverfahren

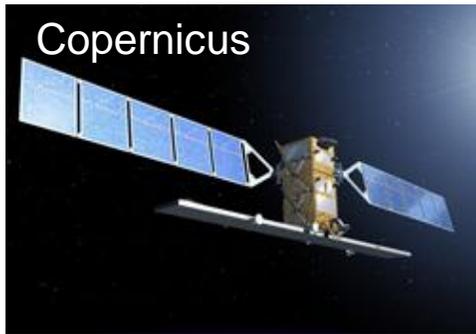


Satellitenfernerkundung



# Einführung und Motivation

Geodäsie als **Wissenschaft** von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche



Heutiger Blick auf die Aufgabe:  
Globale Aufgaben erfordern  
globale Referenzsysteme.

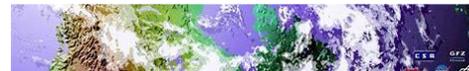


Moderne Referenzsysteme beruhen auf  
integrierten High-Tech-Verfahren.

atorien



Referenzsysteme sind gleichermaßen  
Forschungsgrundlage und Forschungsgegenstand.



[www.copernicus.org](http://www.copernicus.org), [www.ggoss.org](http://www.ggoss.org), [www.galileognss.org](http://www.galileognss.org), [www.gfz-potsdam.de](http://www.gfz-potsdam.de), [www.bkg.bund.de](http://www.bkg.bund.de), [leica.geosystems.com](http://leica.geosystems.com), [trimble.com](http://trimble.com)

# Geodätischer Raumbezug aus Anwendungssicht

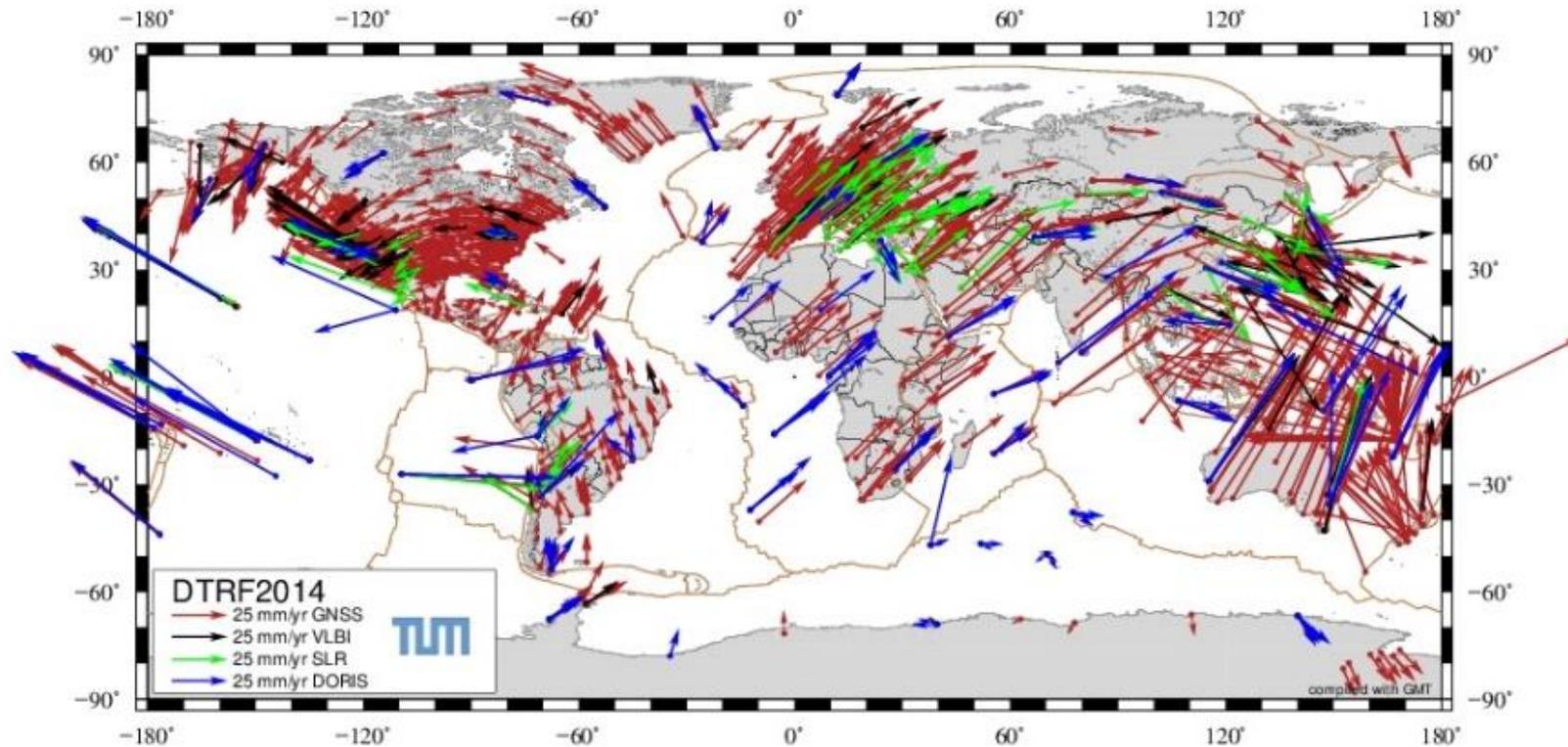
## Aktueller Stand

- Geodätischer Raumbezug als immer und überall verfügbar vorausgesetzte Infrastrukturleistung von hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit für Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft
- Zunehmende Fülle an niederschweligen, auf einem Raumbezug beruhenden Angeboten im digitalen Bereich (Smartphones, Webapplikationen  $\Rightarrow$  POI)
- Stark zunehmende, umfassende Digitalisierung unserer Umwelt ( $\Rightarrow$  Digital Twins)

## Vielfältige Anwendungsfelder

- Verfügbarkeit des Raumbezugs direkt in Form von Referenzpositionen und indirekt in Form von Geodatenprodukte und Geodatendiensten
- Aufgaben: Planen, Simulieren, Gestalten, Realisieren, Nachweisen, Steuern, Überwachen, ...
- Disziplinen: Umwelt, Klima, Bauen, Bildung, Statistik, Gesundheit, Mobilität, Energieversorgung, Ernährung, Sicherheit, Katastrophenschutz, Verteidigung, ...

# Globale Geodäsie und regionale Bezüge



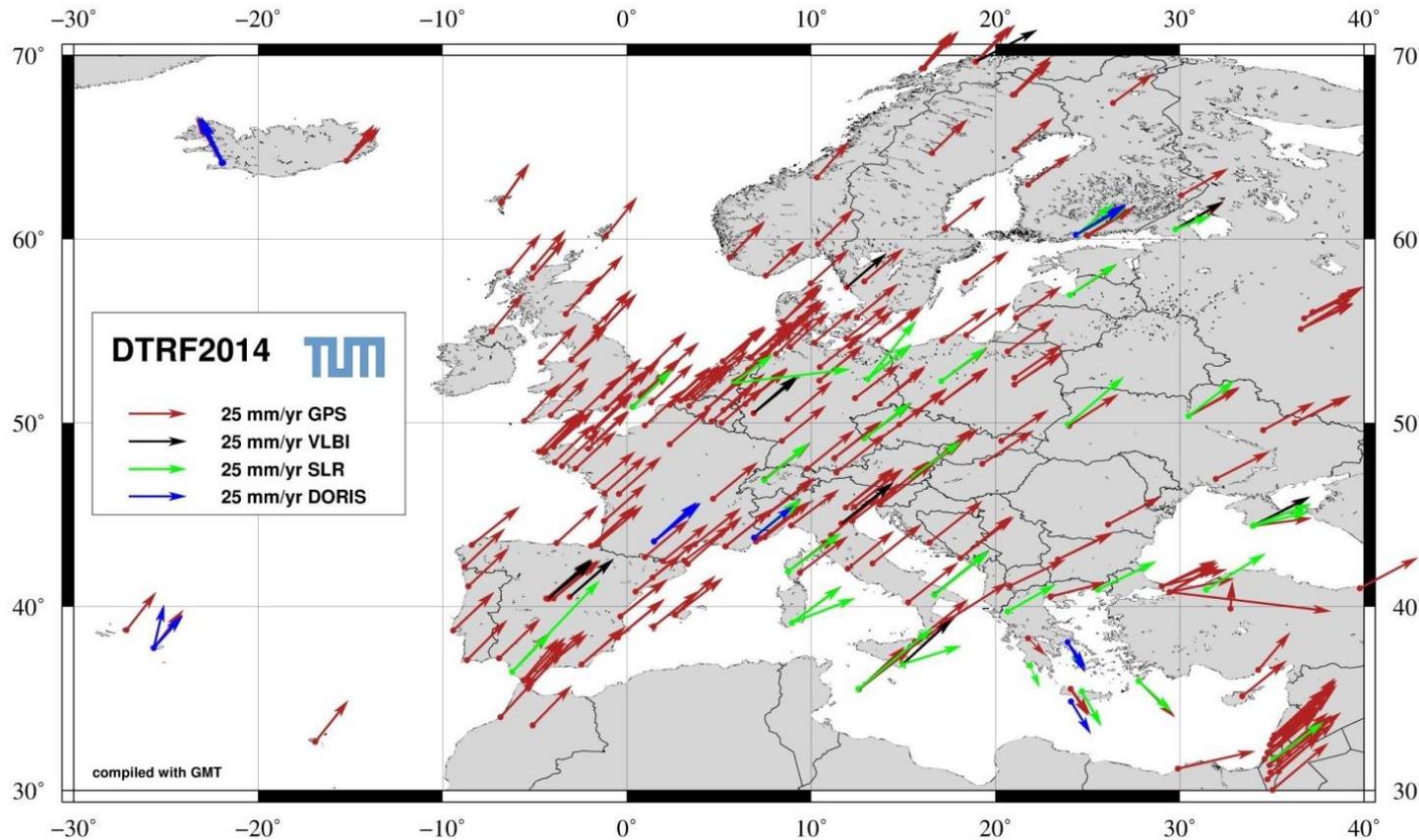
Globaler geodätischer Referenzrahmen ITRF, realisiert als DTRF durch DGFI@TUM

**Grundlage:  
Globales Messnetz  
geodätischer Raum-  
verfahren in Verbindung  
mit Open Data**

(Angermann et al. (2020) in IERS Technical Note No. 40)

# Globale Geodäsie und regionale Bezüge

## Horizontal station velocities in Europe

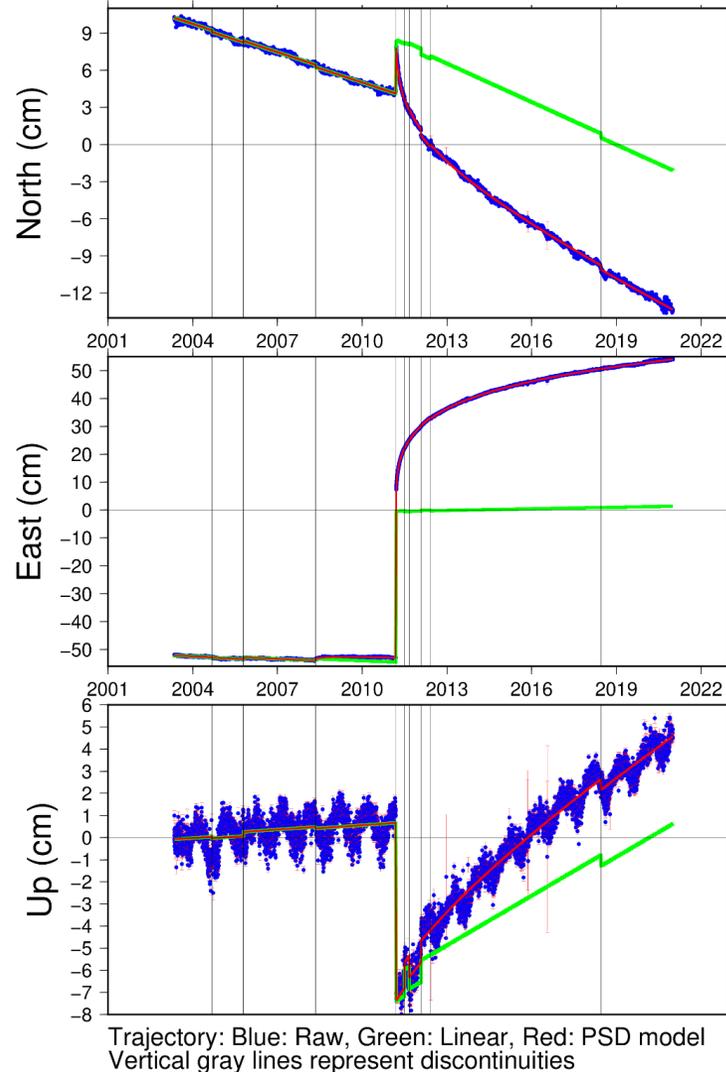


Globaler geodätischer Referenzrahmen ITRF, realisiert als DTRF durch DGFI@TUM, im Ausschnitt dargestellt für Europa

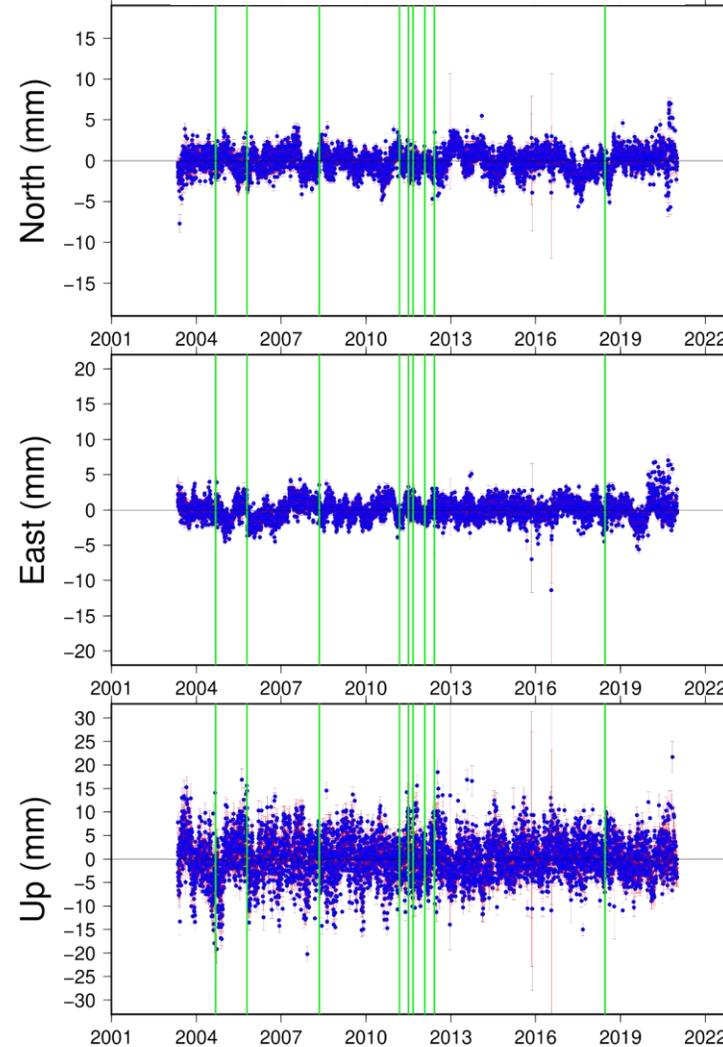
Repräsentation der linearen Bewegungsanteile:  
geodätisch gemessene Auswirkungen  
vs.  
Stabilität der Referenzpositionen

# ITRF2020: Stationszeitreihen

mit globalem Trend



ohne globalen Trend

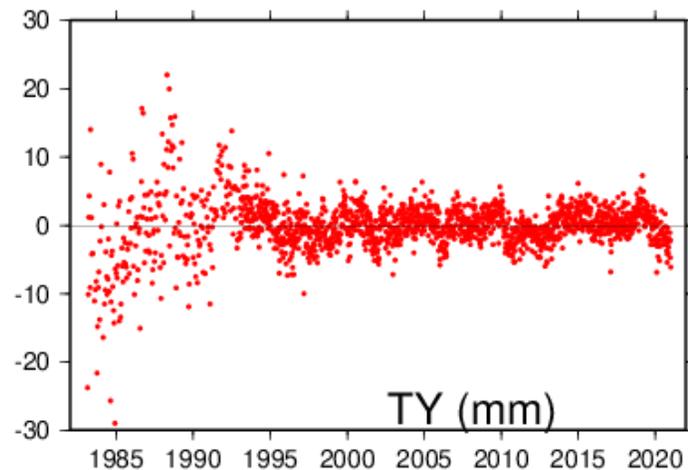
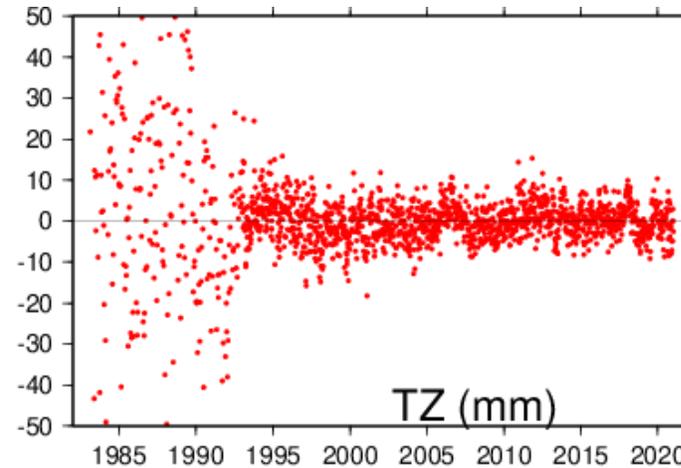
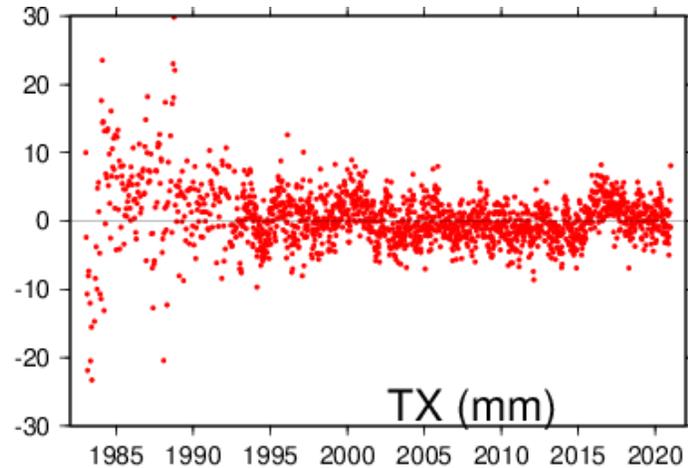


## ITRF-Stationszeitreihen: Station TSK2\_21730S010

- GNSS-Station auf dem Gelände des Observatoriums in Tsukuba in Japan
- Wiederholte Einflüsse durch Erdbeben, insbesondere Tohoku am 11.03.2011 („Fukushima“)
- Zeitreihenplot generiert auf Basis des ITRF2020 und <https://itrf.ign.fr/en/timeseries>

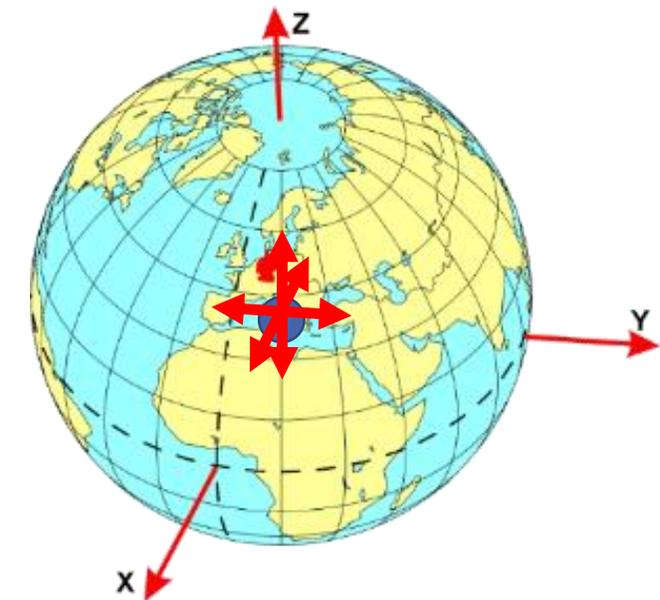
**Trennung von Referenzrahmen  
und Erdbeobachtung  
⇒ Schaufenster in das System Erde**

# ITRF2020: Stabilität des Referenzrahmens



- Bewegungen des Massen-  
zentrums der Erde bzgl. des  
Referenzwertes
- Ausdruck von Massen-  
verlagerungen  $\Rightarrow$  Zuordnung  
zu Prozessen im System Erde

Monitoring des (globalen)  
Koordinatenursprungs am Beispiel  
des Messverfahrens Satellite Laser  
Ranging (SLR)



<https://itrf.ign.fr/en/solutions/ITRF2020>

# Regionale Erfassung der Erdoberfläche

- Nutzung einer regionalen Verdichtungsstufe des geodätischen Raumbezugs mit regelmäßigen Wiederholungsmessungen und globaler Einbindung
  - ⇒ Integrierter Raumbezug der AdV
- Nutzung von permanent aufzeichnenden GNSS-Stationen
  - SAPOS-Stationen / GREF-Stationen / ITRF-Stationen
  - Eigene Stationen zur Verdichtung
- Ggf. Nutzung von regelmäßig durchgeführten, großflächigen, geometrischen Präzisionsnivellements
- Nutzung der Radarinterferometrie (PSInSAR)
  - Eigene Auswertungen auf Basis offener und kommerzieller Systeme
  - Neu: Offene Bodenbewegungsdienste (BBD, EGMS)

# Beispiel zur Radarinterferometrie

## Einschub: Kombinierte Analyse (PS+DS)

GIK: Fortentwicklung von Verfahren zur gemeinsamen Nutzung von punktförmigen (PS) und flächenhaften (DS) Radar-Rückstreuern



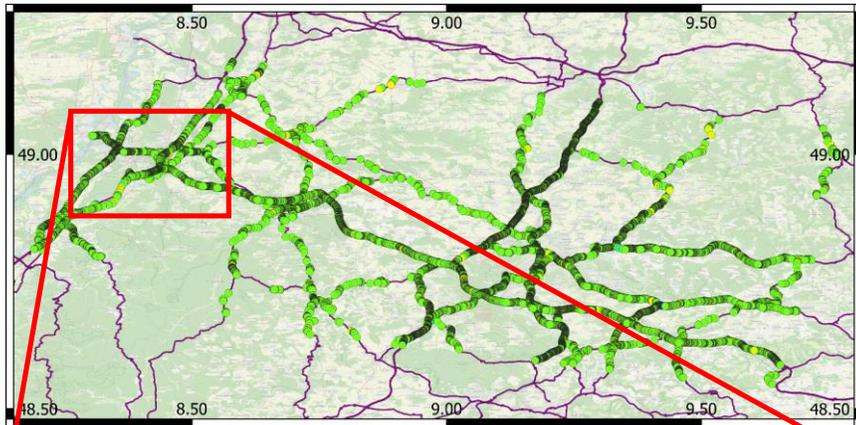
### Persistent Scatterer (PS):

- Punktförmiges Objekt mit hoher Intensität und langzeitstabilen Rückstreuungseigenschaften

### Distributed Scatterer (DS):

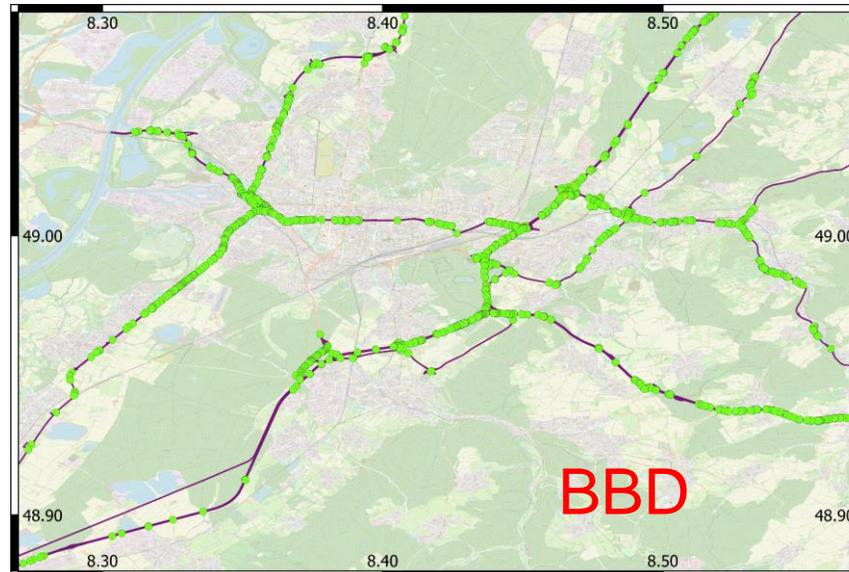
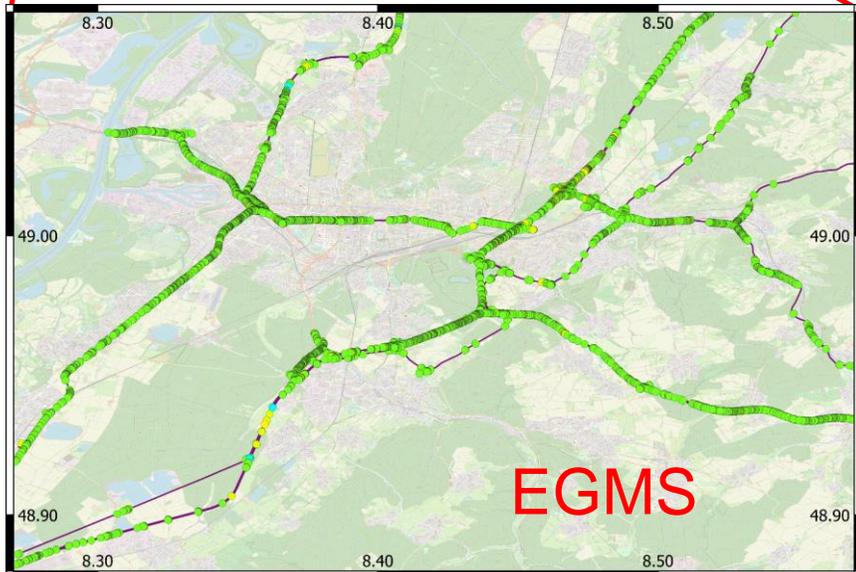
- flächiges Objekt (mit geringerer Intensität) und langzeitstabilen Rückstreuungseigenschaften

# Bodenbewegungsdienst Deutschland (BBD) und European Ground Motion Service (EGMS)



Abdeckung der Bundesstraßen und Autobahnen bei Karlsruhe (absteigender Orbit 066)

Quelle: Studie des GIK@KIT für das LGL Baden-Württemberg



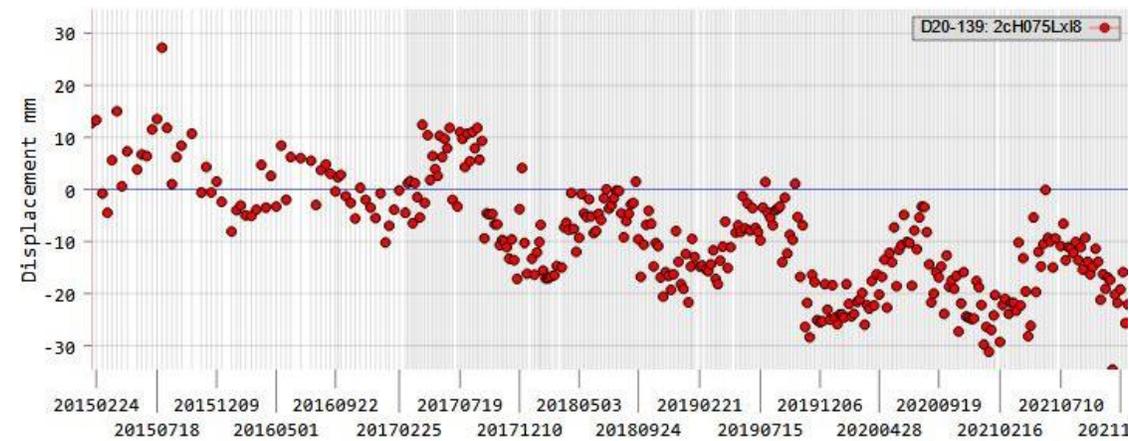
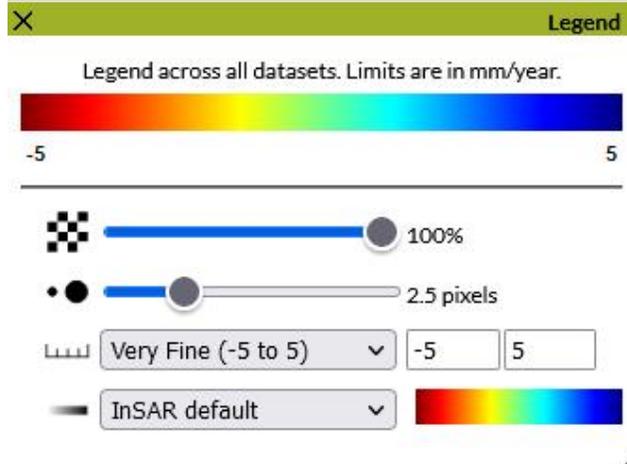
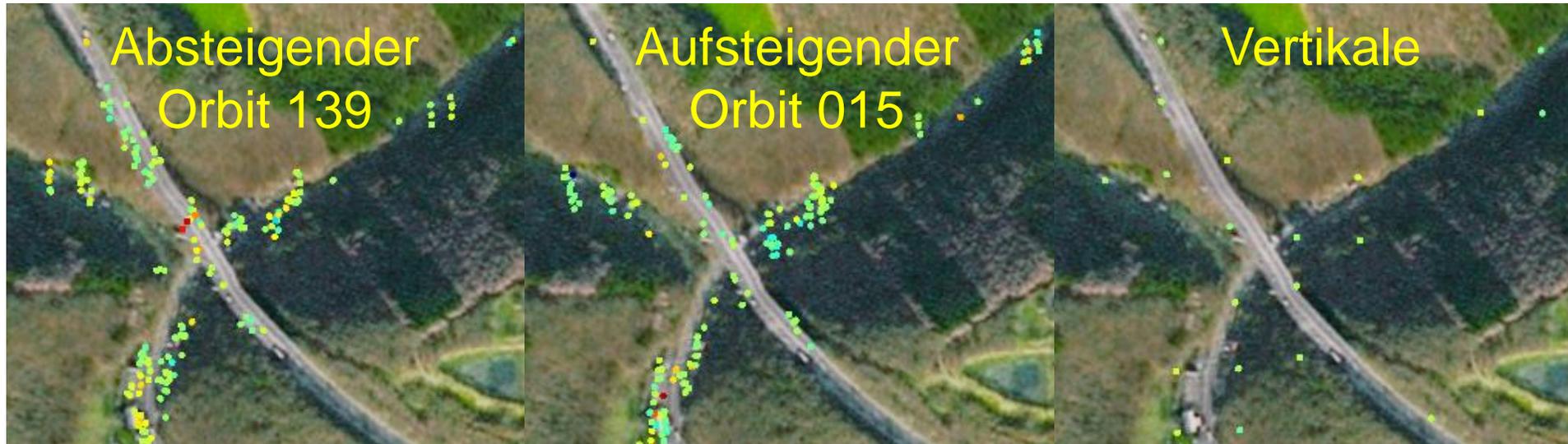
Verschiebungsraten (mm/y)

- -100 - -12,5
- -12,5 - -10
- -10 - -7,5
- -7,5 - -5
- -5 - -2,5
- -2,5 - 2,5
- 2,5 - 5
- 5 - 7,5
- 7,5 - 10
- 10 - 12,5
- 12,5 - 100

— Bundesstraßen und Autobahnen

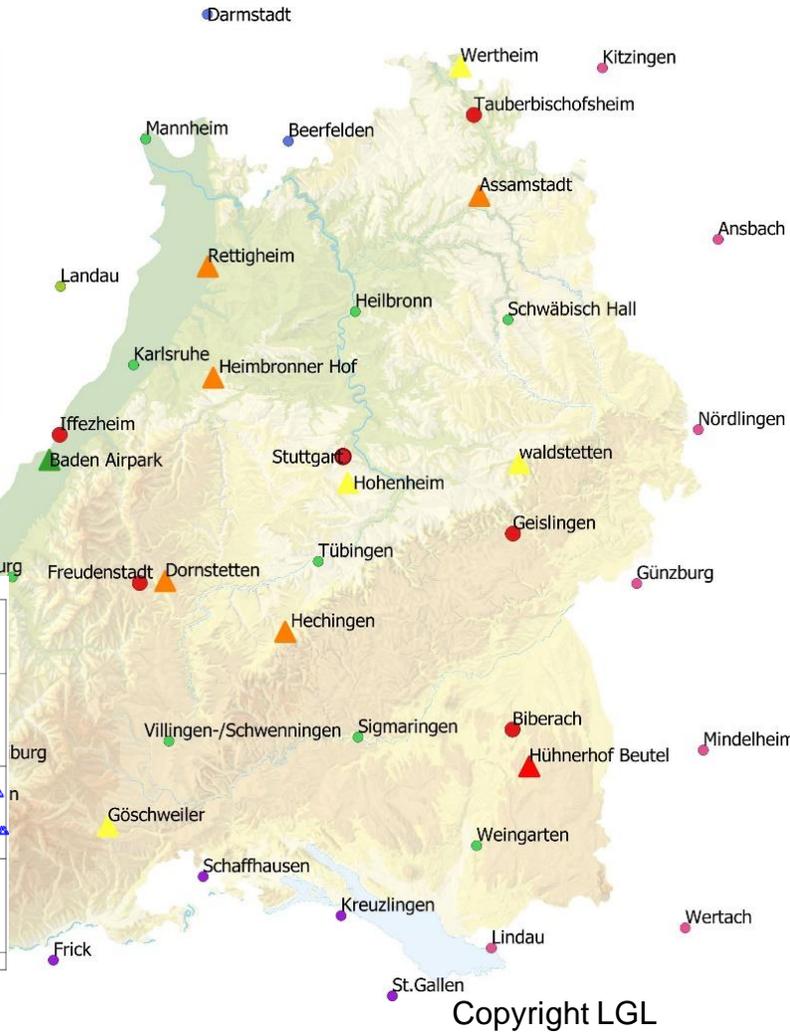
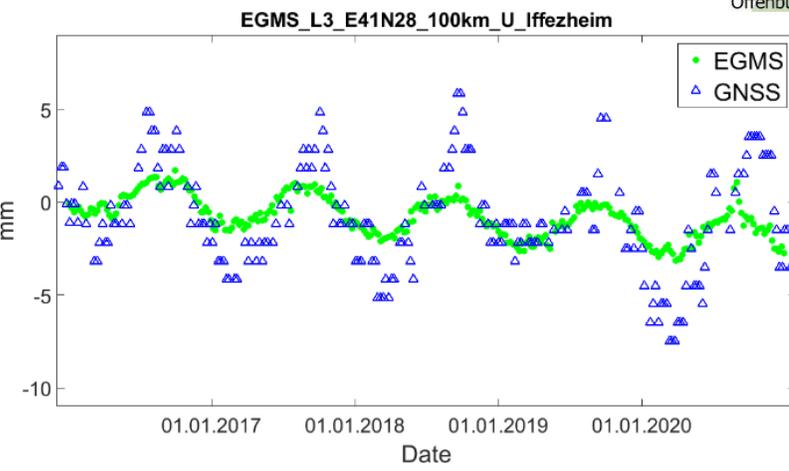
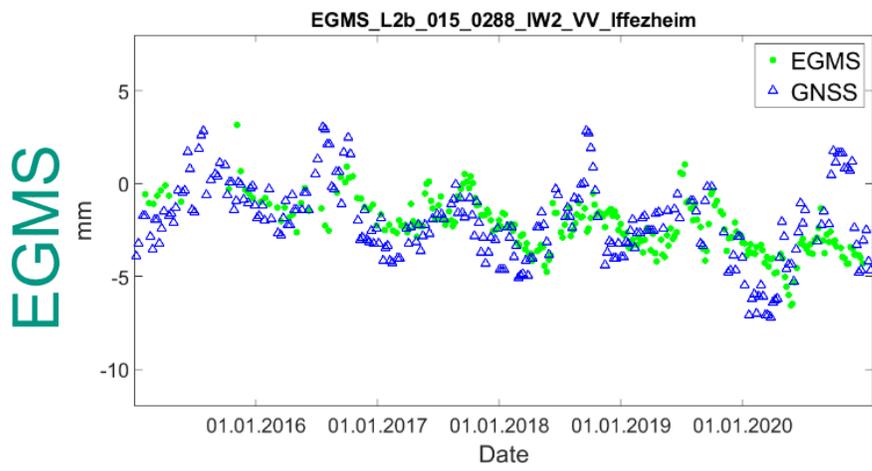
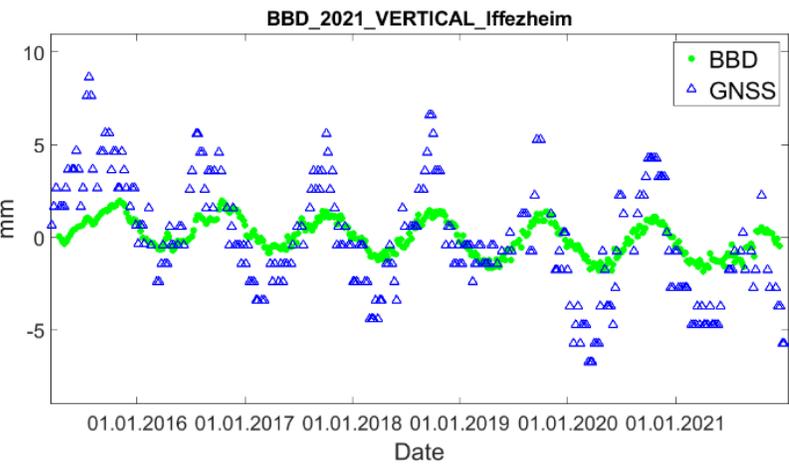
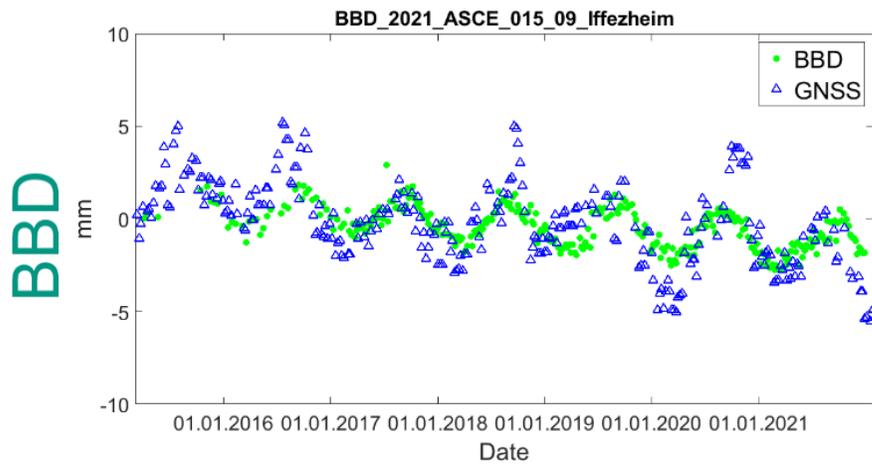
OpenStreetMap

# Detektion einsetzender Bewegungen am Beispiel der Talbrücke der A45 bei Rahmede (EGMS)



Quelle: Studie des GIK@KIT für das LGL Baden-Württemberg

# Gute Übereinstimmung zwischen SAPOS, BBD und EGMS (SAPOS-Station Schleuse Iffezheim)



Copyright LGL

# Tendenzen und Perspektiven

## Institutionalisierung



### UN GGIM

- Im Jahre 2011 etabliert als *“United Nations Initiative on Global Geospatial Information Management (GGIM)”* zur Koordination eines globalen Geoinformationsmanagements  
⇒ Einrichtung eines Committee of Experts
- Koordination von Aktivitäten mit Geo-Bezug, Diskussion von Strategien und Erarbeitung von Empfehlungen (⇒ Resolutionen) unter dem „Dach“ der Vereinten Nationen

*Realising a Vision:*

*To make accurate, reliable and authoritative geospatial information readily available to support national, regional and global development.”*



Weitere Informationen: <http://ggim.un.org/>

# Erfolge von UN GGIM: UN-Resolution – A Global Geodetic Reference Frame for Sustainable Development



Version of 16 January, 2015¶

Draft resolution submitted by \_\_\_\_\_¶

¶

→ A global geodetic reference frame for sustainable development¶

¶

→ → → *The General Assembly*¶

→ *Reaffirming* the purposes and principles of the Charter of the United Nations,¶

→ *Reaffirming also* General Assembly resolution 54/68 of 6 December 1999, in which the Assembly endorsed the resolution entitled “The Space Millennium: Vienna Declaration on Space and Human Development”, which included, inter alia, key actions to improve the efficiency and security of transport, search and rescue, geodesy and other activities by promoting the enhancement of, universal access to and compatibility of space-based navigation and positioning systems, including Global Navigation Satellite systems,¶

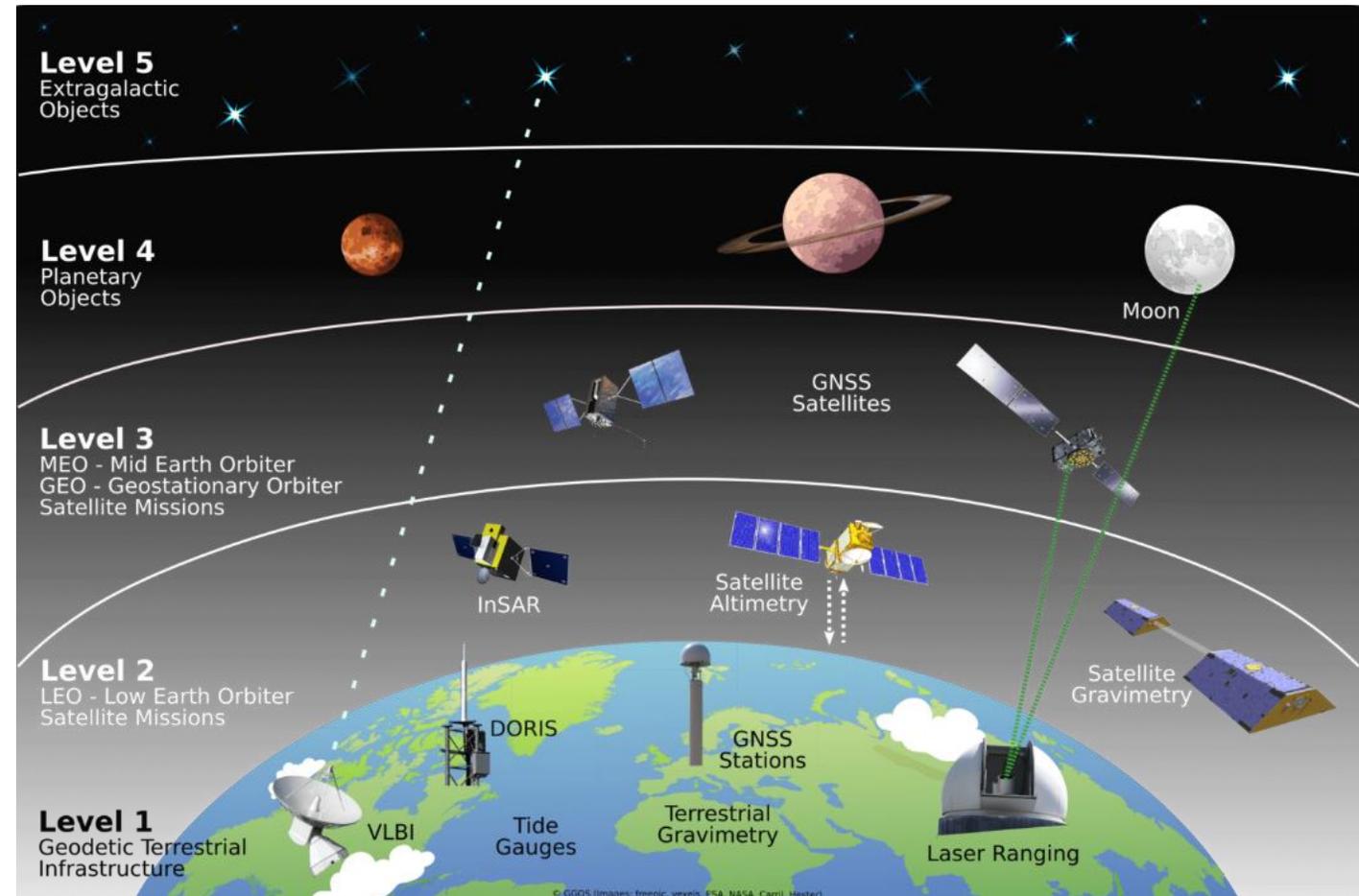
- Verabschiedung der Resolution am 26.02.2015 in der UN-Generalversammlung
- Einrichtung eines Sub-Committee on Geodesy (2017)
- Einrichtung eines Global Geodetic Centre of Excellence (2020) ⇒ UN-Campus in Bonn (Einweihung am 29.03.2023)

# Tendenzen und Perspektiven

## Globale Beobachtungssysteme

### Global Geodetic Observing System (GGOS)

- Komponente der International Association of Geodesy (IAG)
- Zentrale Schnittstelle zur Scientific Community und zur Gesellschaft
- Monitoring des Erdsystems und Forschung zum globalen Wandel gemeinsam mit den anderen Komponenten der IAG
- Verschiedene strukturelle Komponenten wie z.B. GGOS Regional Affiliates



<https://ggos.org/obs/>

# GGOS D-A-CH

## Beiträge im deutschsprachigen Raum

D-A-CH-Raum:

Deutschland (D), Austria (A), Schweiz (CH)

Eingerichtet als GGOS Affiliate am 19.05.2021

durch Beschluss des GGOS Coordinating Board (Vorsitz: H. Kutterer)

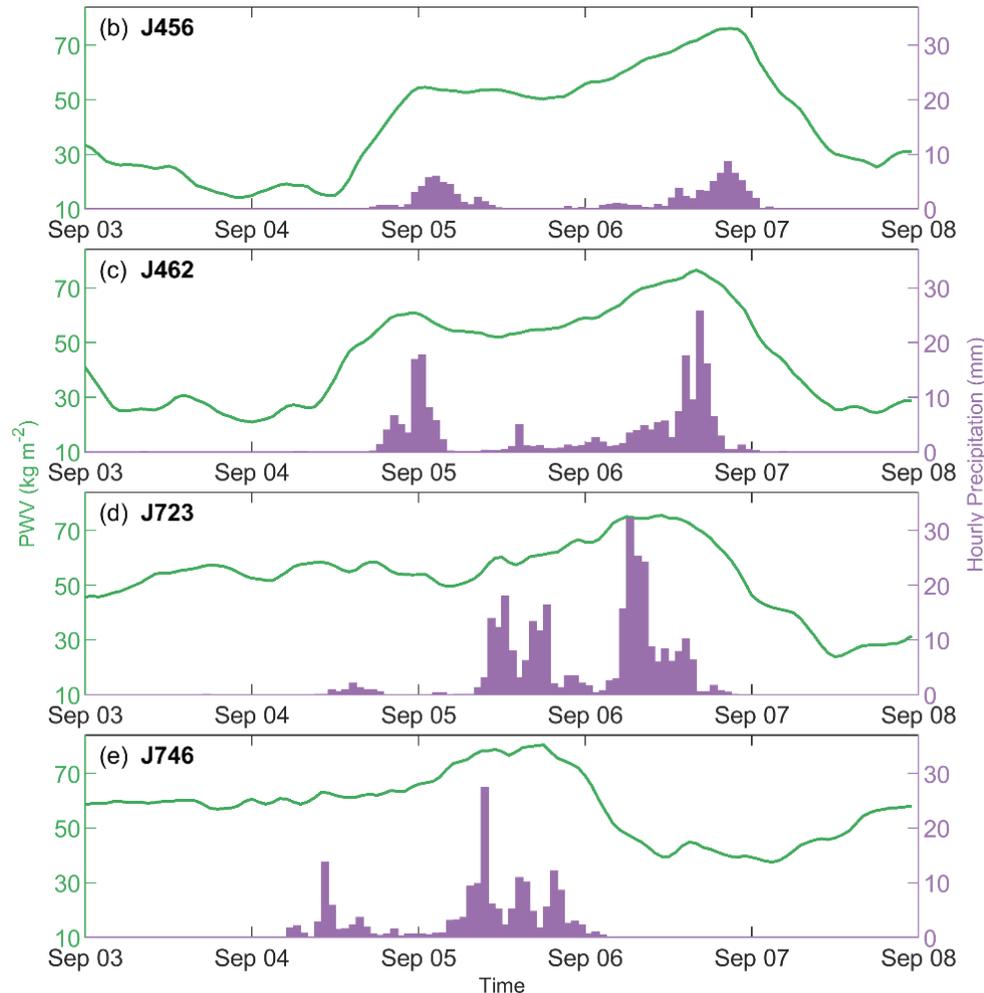
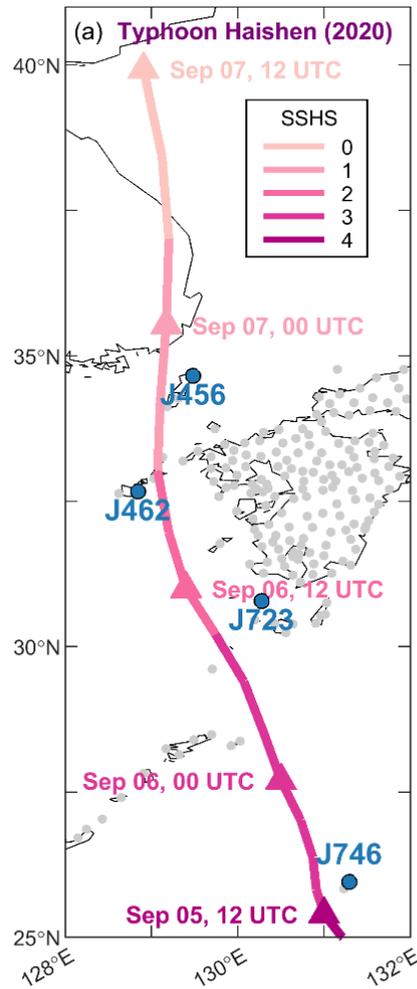


- Lange und erfolgreiche Zusammenarbeit in der Geodäsie unter dem Dach der drei nationalen geodätischen Kommissionen von Deutschland (DGK), Österreich (ÖGK) und der Schweiz (SGK) ⇒ Abteilung Erdmessung der DGK (Vorsitz: M. Horwath)
- Zusammenführung und Stärkung aller Aktivitäten mit GGOS-Bezug zur besseren Ausschöpfung des Potenzials von GGOS in Bezug auf Wissenschaft und Infrastruktur
- Strategiepapier zu “Erdmessung 2030” als Grundlage
  - Müller, J., Pail, R. et al. (2019): Erdmessung 2030. zfv 01/2019.
  - Entwickelt und geschrieben von Kolleginnen und Kollegen aller drei nationalen Kommissionen

<https://ggos.org/news/ggos-d-a-ch/>

# Tendenzen und Perspektive

## GNSS-Meteorologie: Monitoring der Troposphäre



Nutzung einer für den Raumbezug betriebenen Infrastruktur als Beobachtungssystem, um Fragestellungen der Erdsystemforschung zu bearbeiten

- (a) Weg des Taifuns Haishen im Jahre 2020
- (b-d) GNSS Precipitable Water Vapor (PWV) Werte und stündliche Niederschlagsmengen für vier Stationen längs des Wegs

Quelle: Peng et al., 2023, GIK@KIT (under review)

# Zusammenfassung und Ausblick

- Der geodätische Raumbezug ist eine fundamentale Infrastrukturleistung für eine Vielzahl an Aufgabenstellungen in unterschiedlichsten Disziplinen.
  - High-Tech-Aufgabe auf globaler Ebene
  - Konsistente Verdichtungsstufen auf den regionalen und nationalen Ebenen
  - Internationale Koordination im politischen und wissenschaftlichen Rahmen
  - Bereitstellung von Punktpositionen, Verschiebungsvektoren und Stationszeitreihen
  - Übergang von passiven Repräsentationssystemen hin zu aktiven Beobachtungssystemen
- Der integrierte Raumbezug der AdV leistet hierzu in Verbindung mit SAPOS und GREF einen zentralen Beitrag!

# Zusammenfassung und Ausblick

- Aktuelle wissenschaftliche Entwicklungen im Kontext des geodätischen Raumbezugs
  - Etablierung eines vereinheitlichten Welthöhensystems (IHR5)
  - Ausbau, Weiterentwicklung und erweiterte Nutzung von globalen, offen verfügbaren Beobachtungsinfrastrukturen, z.B. Copernicus, GNSS, ...
  - Weiterer Ausbau von offenen, digitalen Dateninfrastrukturen für Forschungszwecke, z.B. GEOSS, NFDI4Earth, ...
  - Nutzbarmachung von neuen Messmethoden, z.B. Radarinterferometrie, Netzwerke optischer Uhren, Collocation in Space, ...
  - Hochauflösende, umfassende Digitalisierung unserer Umwelt im räumlichen und zeitlichen Zusammenhang, z.B. in Form von digitalen Zwillingen