

Satelliten statt Sensoren: Hebt InSAR das Monitoring auf ein neues Level?

38. Hydrographentag / DVW-Seminar
Lübeck-Travemünde, 23.-25.06.2026

Florian Zimmermann, Thomas Artz



Ingenieurgeodäsie in der Bauwerksüberwachung

Wie können wir ein Bauwerk und dessen Veränderungen
möglichst



effizient



präzise



vollständig



bedarfsgerecht

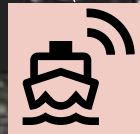
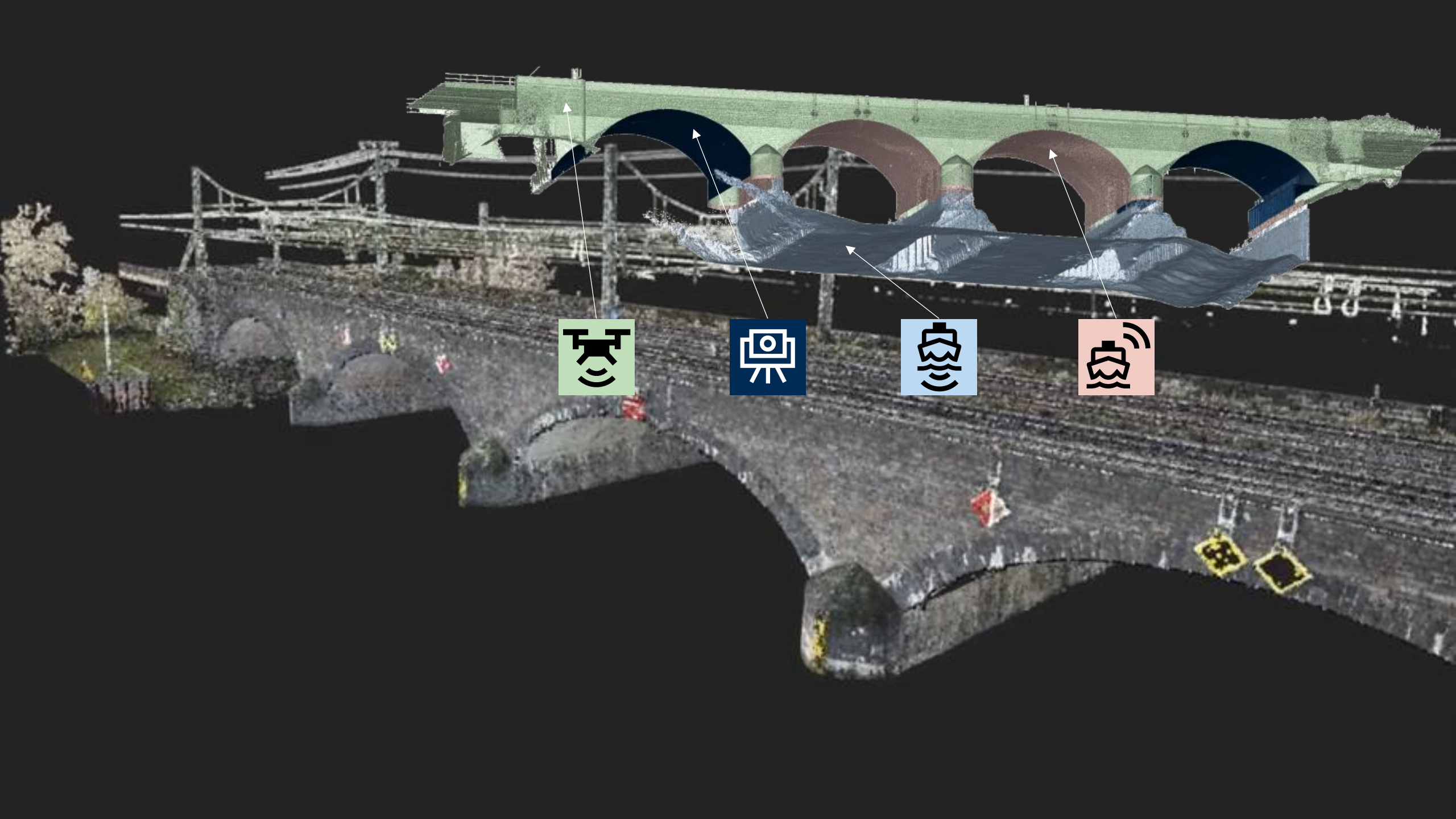


qualitätsgesichert

digital abbilden?

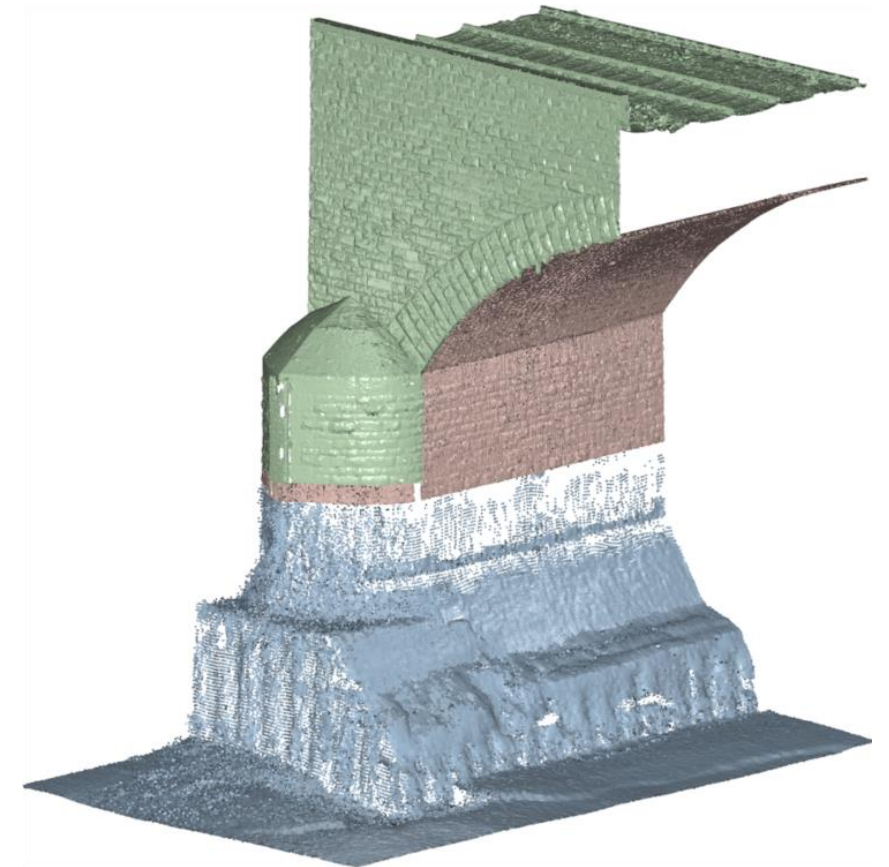
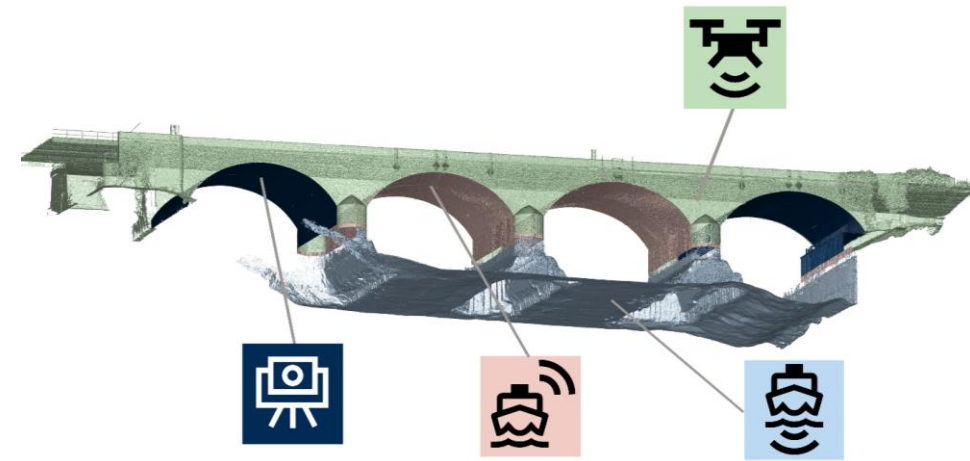






Punktwolkenprodukte

Geometrische Modellierung
Flächenhafte Deformations-
/Veränderungsanalyse
...



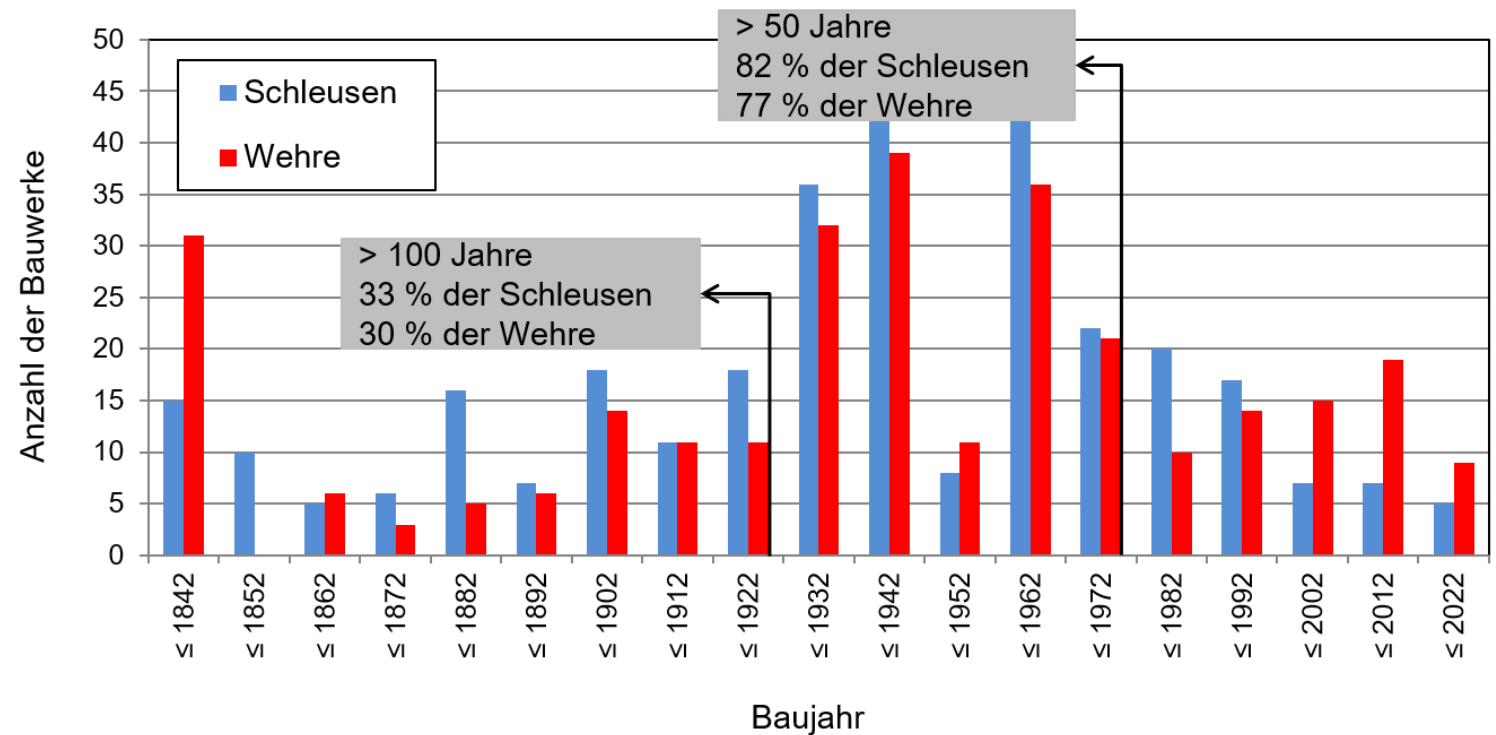
Wo ist denn jetzt eigentlich das Problem?



Herausforderungen für das Infrastrukturmonitoring

Alter und Anzahl der Bauwerke

ca. 700 Wehr und Schleusen
ca. 1300 Brücken
40 Kanalbrücken
354 Düker
...



Herausforderungen für das Infrastrukturmonitoring

Alter und Anzahl



Hunderte bis tausende von Bauwerken mit Überdehnung der Nutzungszeit

Aufwand



Herausforderungen für das Infrastrukturmonitoring

Alter und Anzahl



Hunderte bis tausende von Bauwerken mit Überdehnung der Nutzungszeit

Aufwand



Wir müssen an jedem Bauwerk aktiv etwas tun

Kontinuität

Verwaltungsvorschrift der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
(VV-WSV)

Bauwerksinspektion
VV-WSV 2101

Ausgabe 2022
Herausgegeben vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Herausforderungen für das Infrastrukturmonitoring

Alter und Anzahl



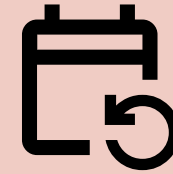
Hunderte bis tausende von Bauwerken mit Überdehnung der Nutzungszeit

Aufwand



Wir müssen an jedem Bauwerk aktiv etwas tun

Kontinuität

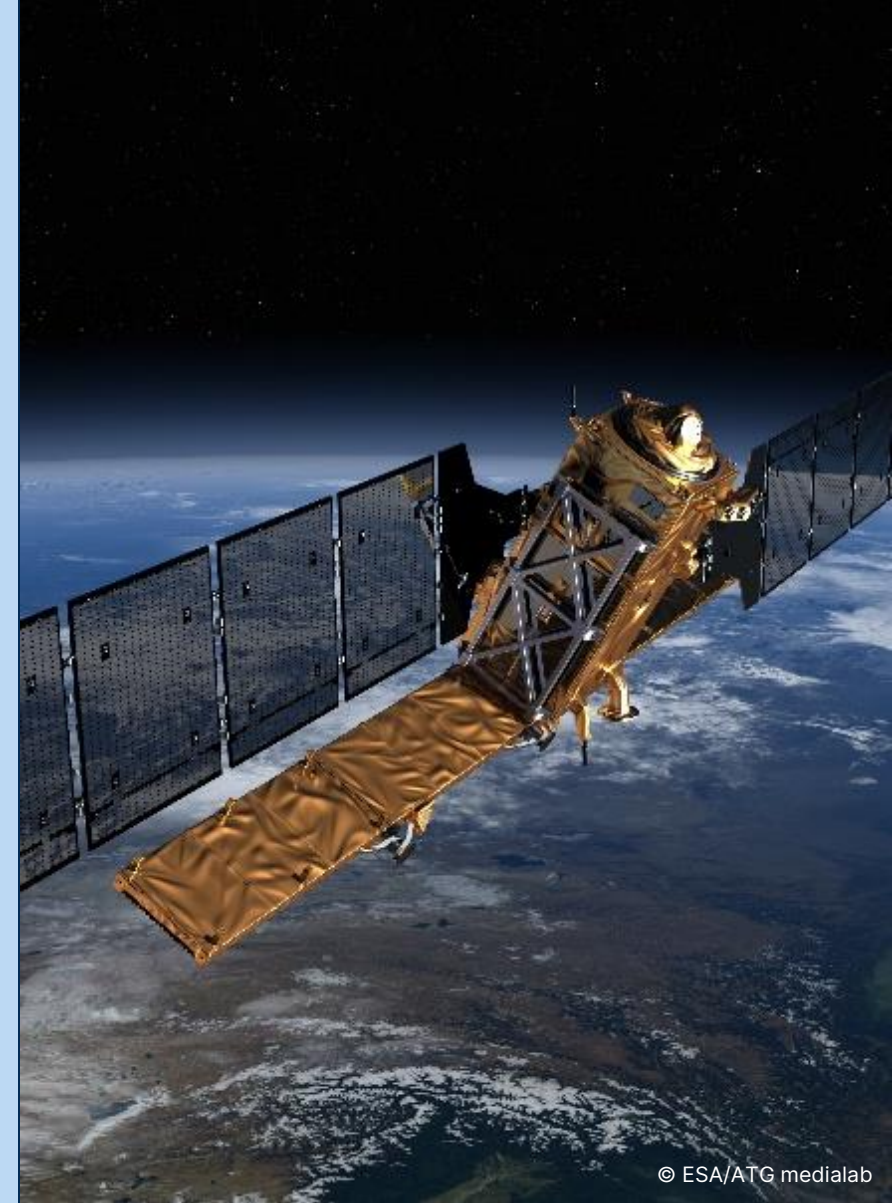


Regelmäßige Erfassung der Bauwerke in vorgeschriebenen Intervallen

Können wir die lokale, bauwerksspezifische Komponente der Bauwerksüberwachung um ein großräumiges und kontinuierliches Monitoring der gesamten Verkehrsinfrastruktur erweitern?

InSAR

Interferometric Synthetic Aperture Radar
(satellitengestützte Radarinterferometrie)



© ESA/ATG medialab

Absteigender Orbit
„descending“

Aufsteigender Orbit
„ascending“



Days:

0 1 2 3 4 5 6

Messprinzip

Satellit sendet kontinuierliche Radarsignale in Richtung Erde

Radarsignale werden an der Erdoberfläche reflektiert und wieder vom Satelliten empfangen

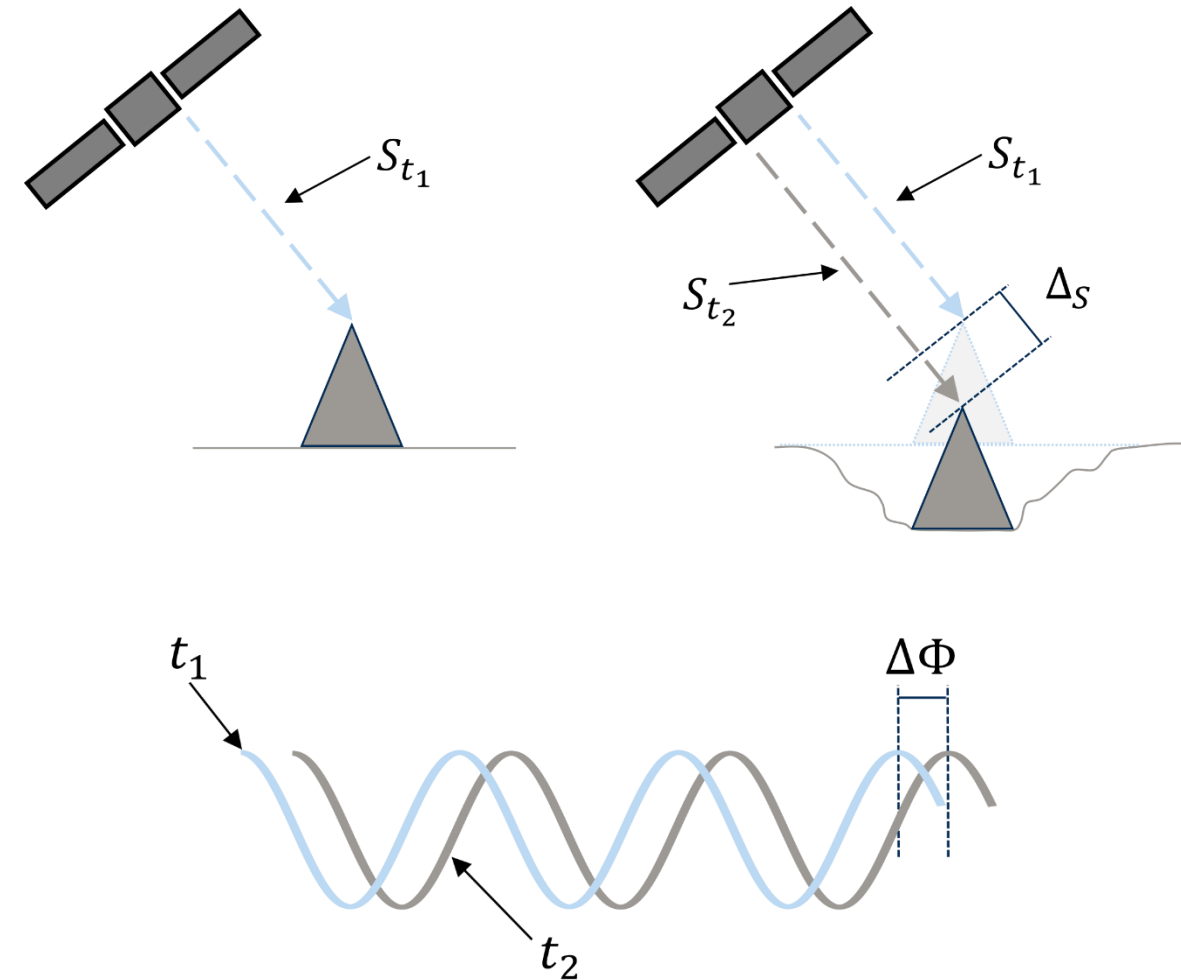
Messungen zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten



Phasenunterschied der beiden Signale



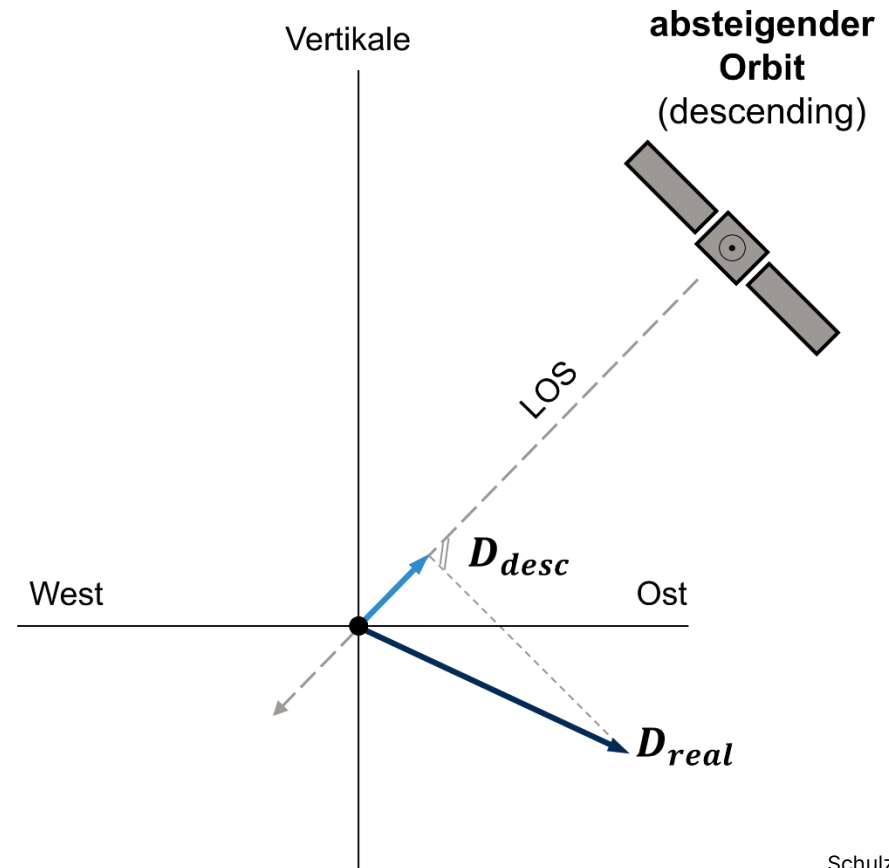
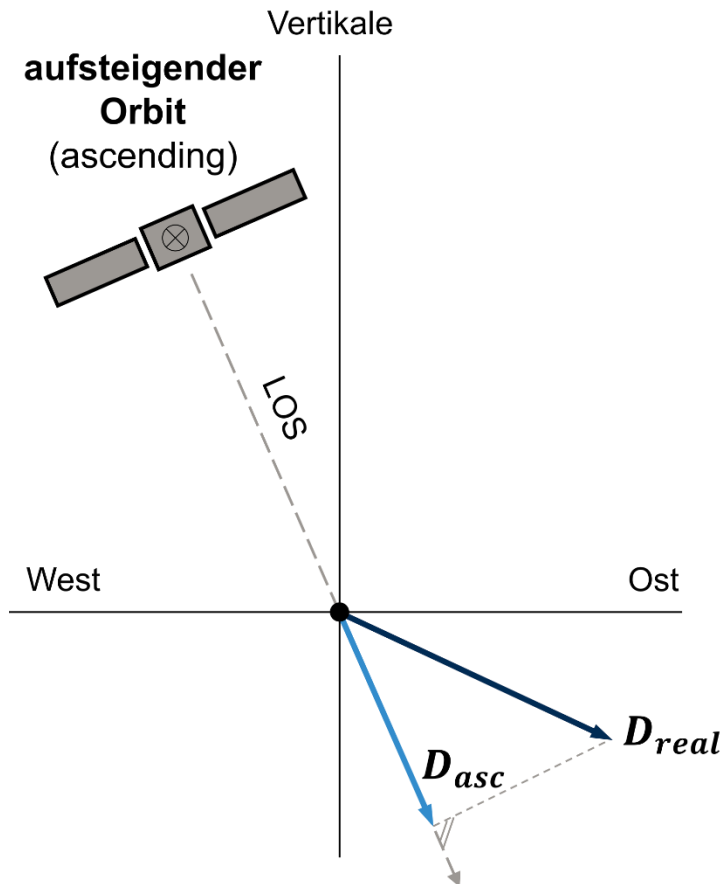
Rückschluss auf Weglängenänderung in Blickrichtung des Satelliten



Schulze und Zimmermann (2024)
nach Tre Altamira
(<https://site.tre-altamira.com/insar/>)

InSAR - Messungen in Line-of-Sight (LOS)

Messwerte in LOS entsprechen der 1D-Projektion der realen 3D-Bewegung



Schulze und Zimmermann (2024)
nach Tre Altamira
(<https://site.tre-altamira.com/insar/>)

InSAR - Messpunkte

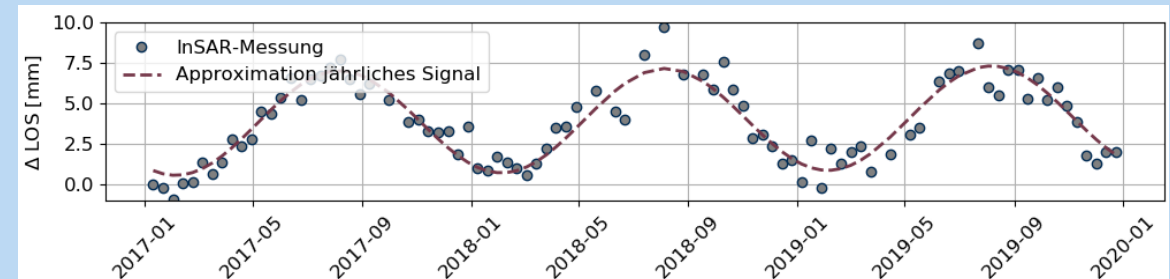
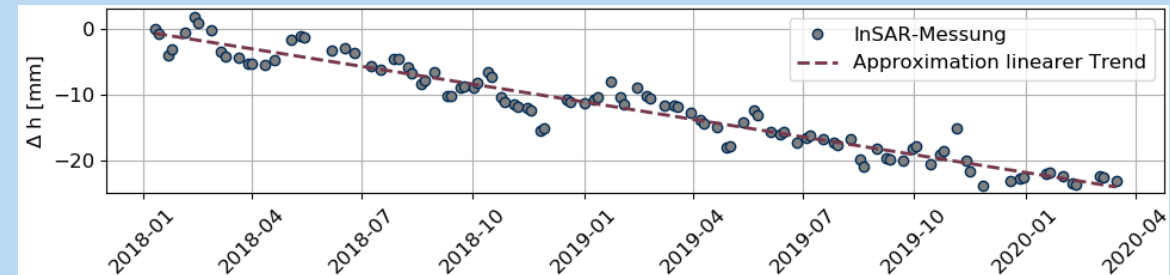
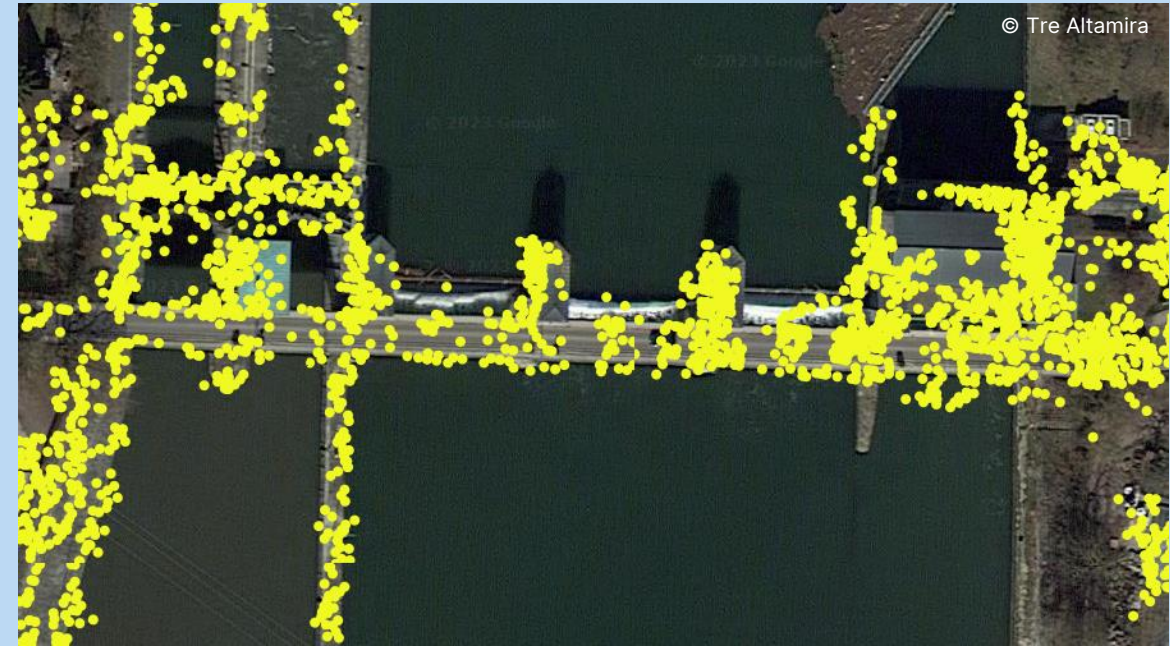
Permanente Rückstreuer (persistent scatterer, PS)

- Punktartige Rückstreuer mit starkem und konsistenten Rückstreusignal in allen verwendeten Radarszenen
- Treten häufig an menschengemachten Objekten auf z.B.: Gebäude, lineare Strukturen, Schilder, etc.
- Keine oder schlechte Messpunkte bei Wasser und Vegetation

Die Lage der Messpunkte ist a-priori unbekannt

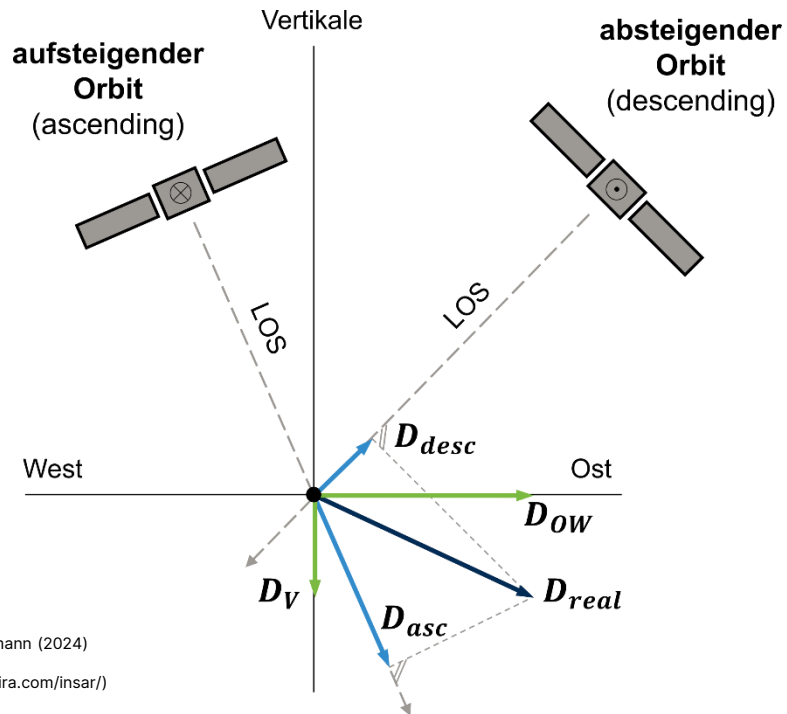
Für jeden Messpunkt werden Mittelwerte und Zeitreihen relativer Bewegungsänderungen bestimmt

Messpunkte ascending



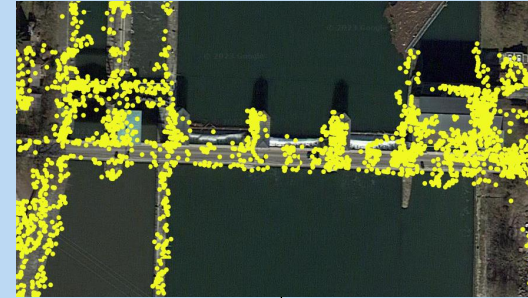
InSAR - 2D-Dekomposition

- Beobachtung eines Gebiets aus beiden Orbits
- Ableitung von 2D-Messungen in vertikaler und horizontaler Ost-West Richtung
- Bewegungen in horizontaler Nord-Süd Richtung können nicht aufgelöst werden

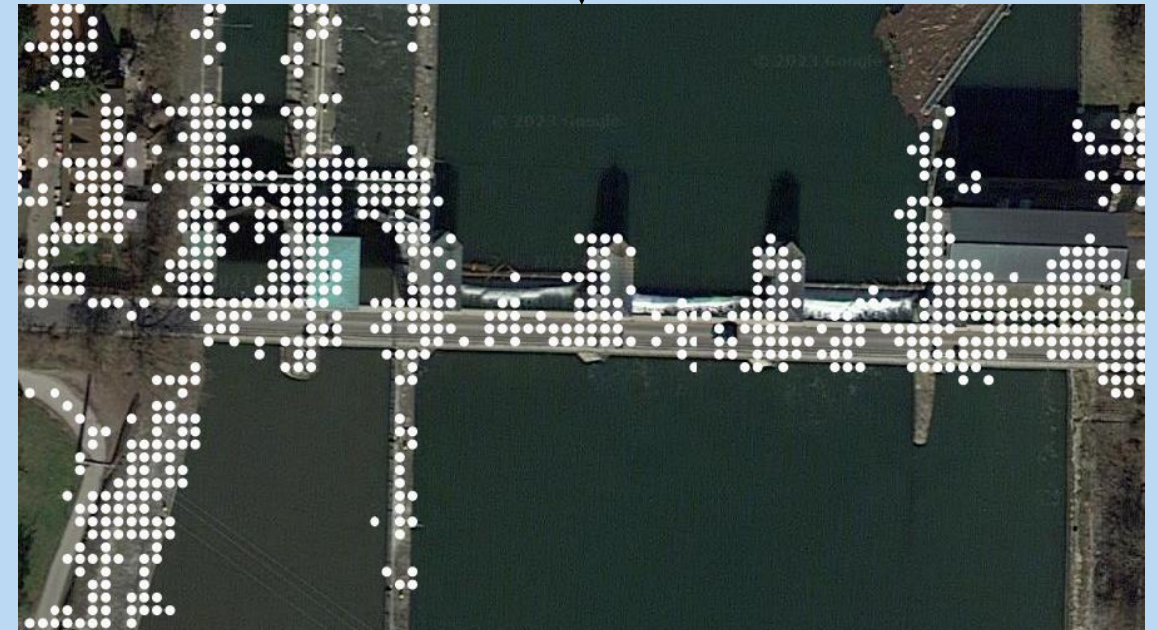
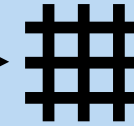
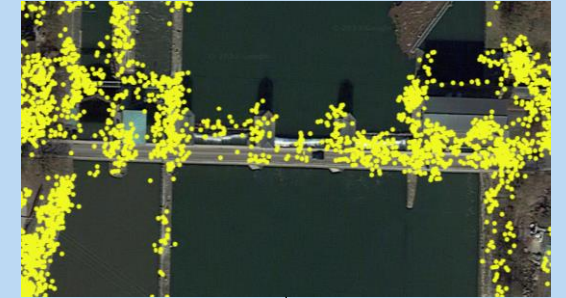


Schulze und Zimmermann (2024)
nach Tre Altamira
(<https://site.tre-altamira.com/insar/>)

Messpunkte ascending



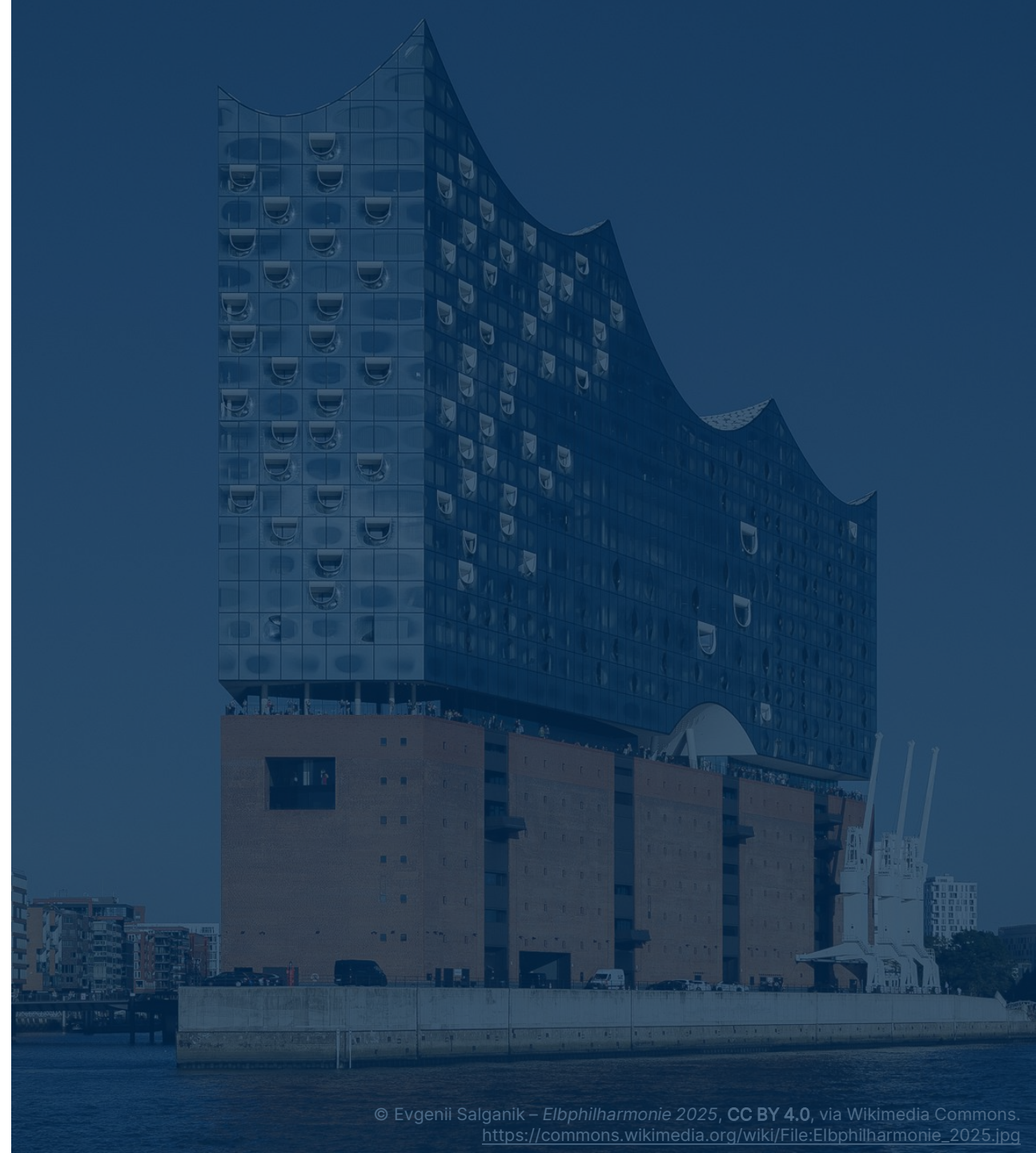
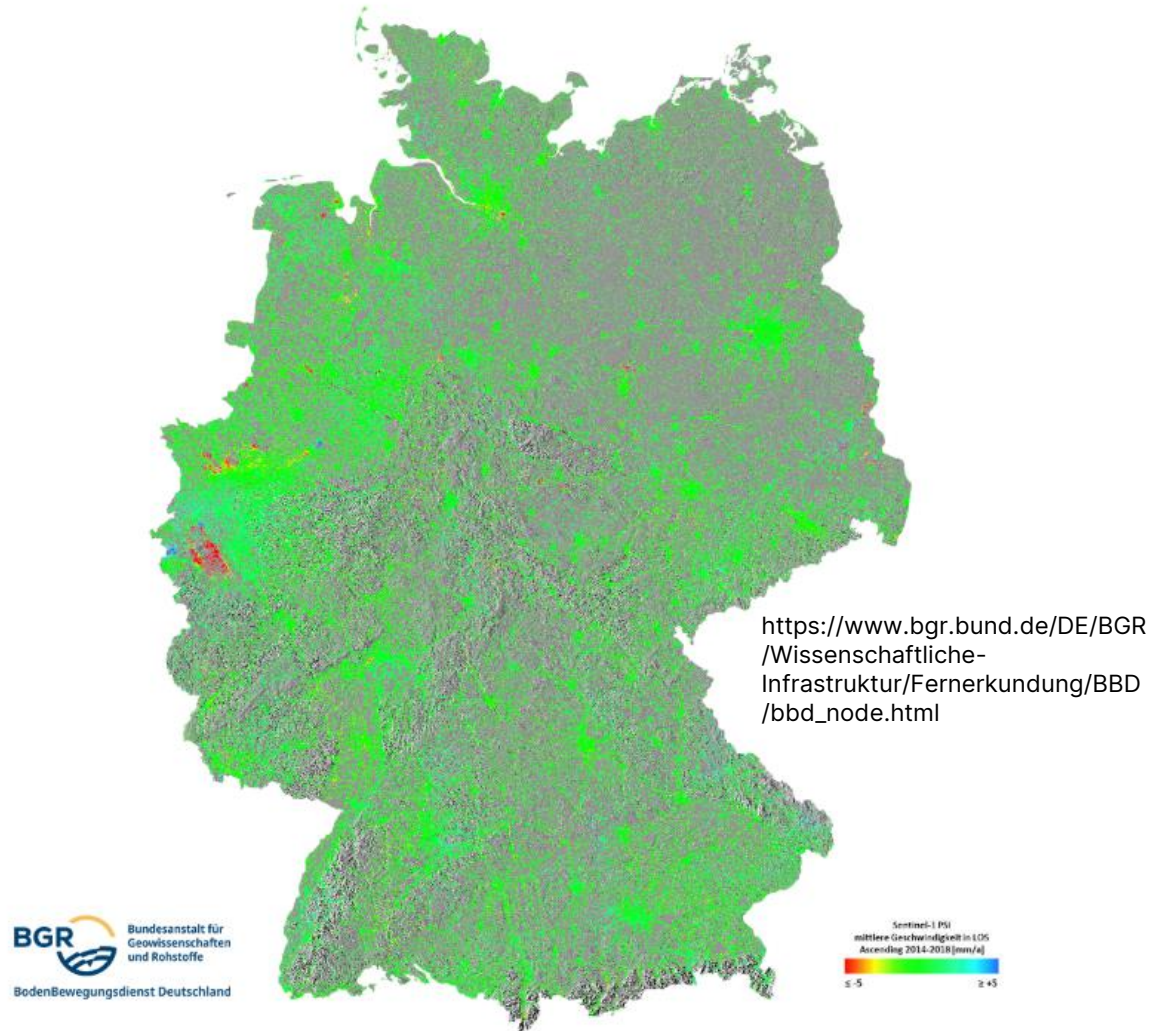
Messpunkte descending



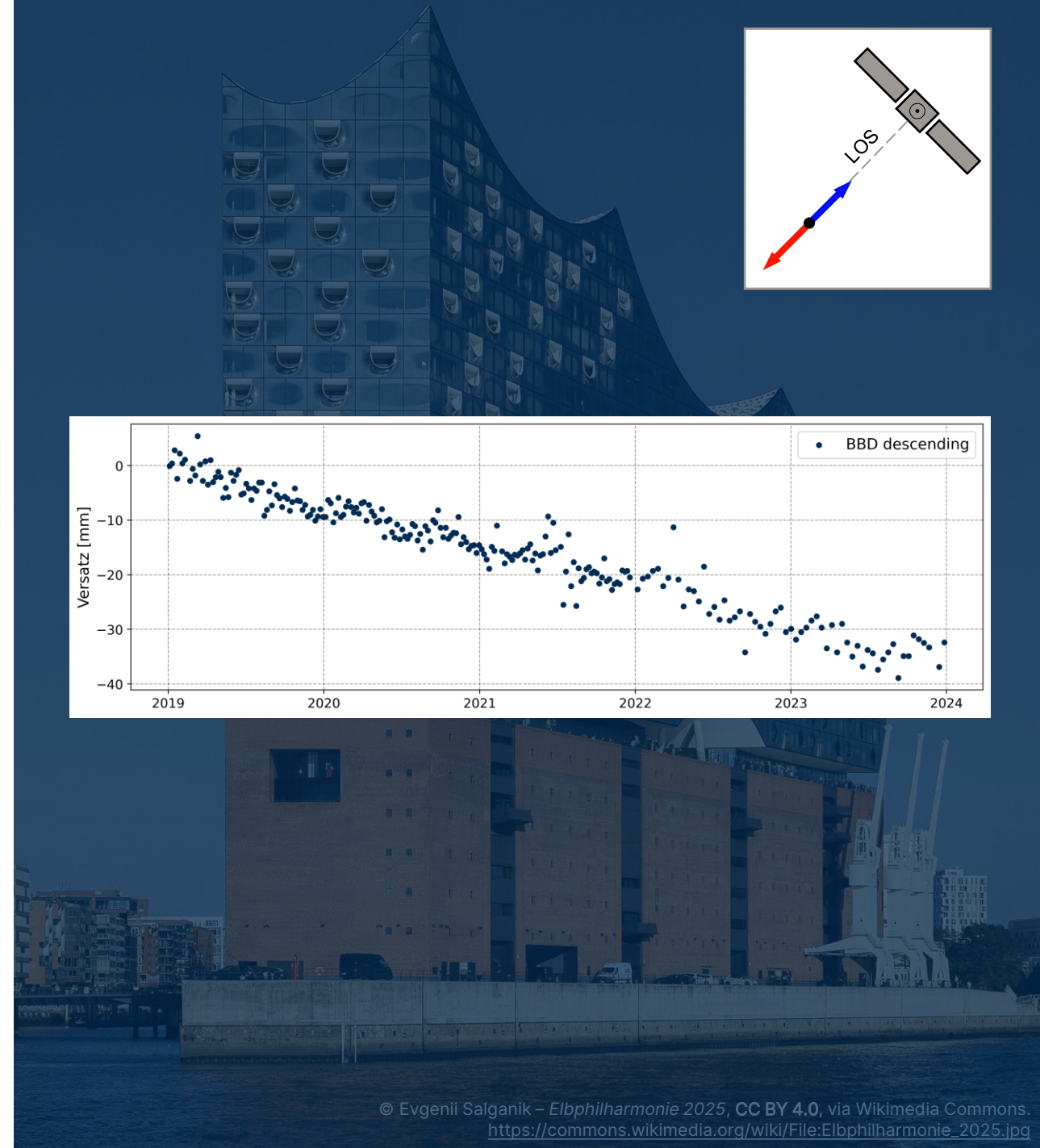
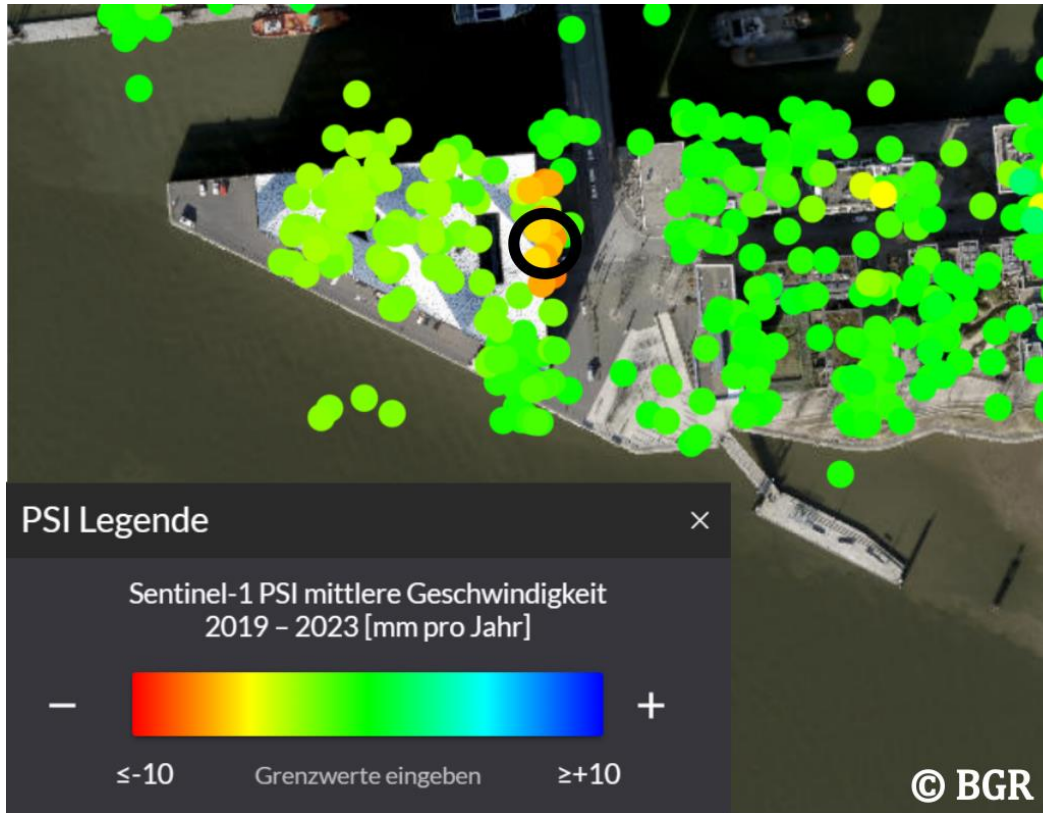
Pseudo-Messpunkte nach Rasterung

Beispiel: Elbphilharmonie

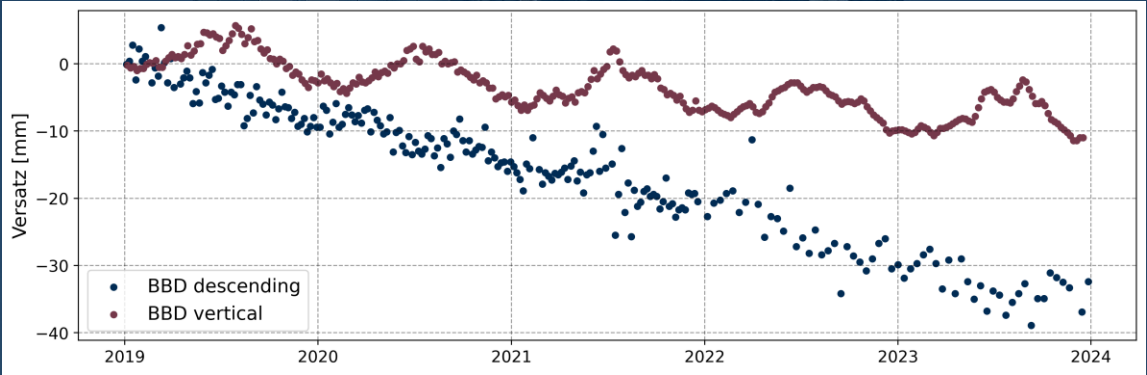
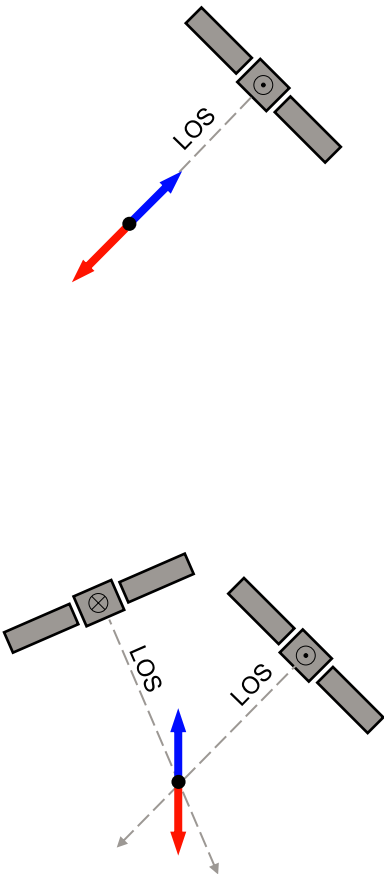
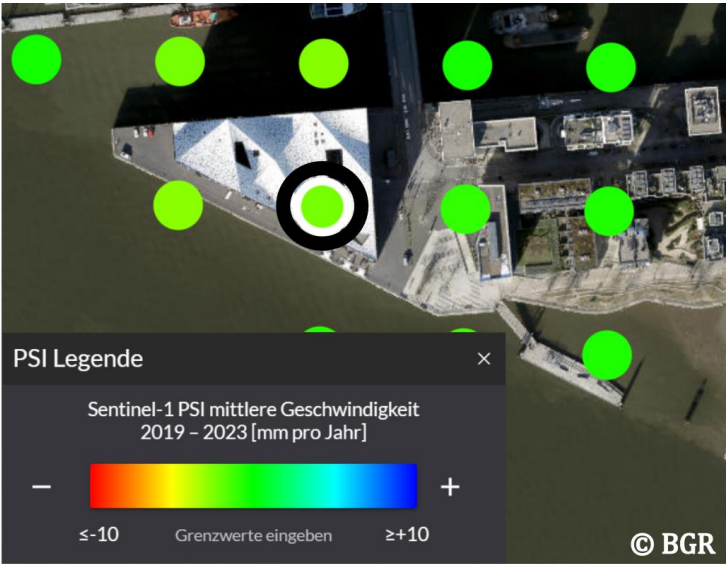
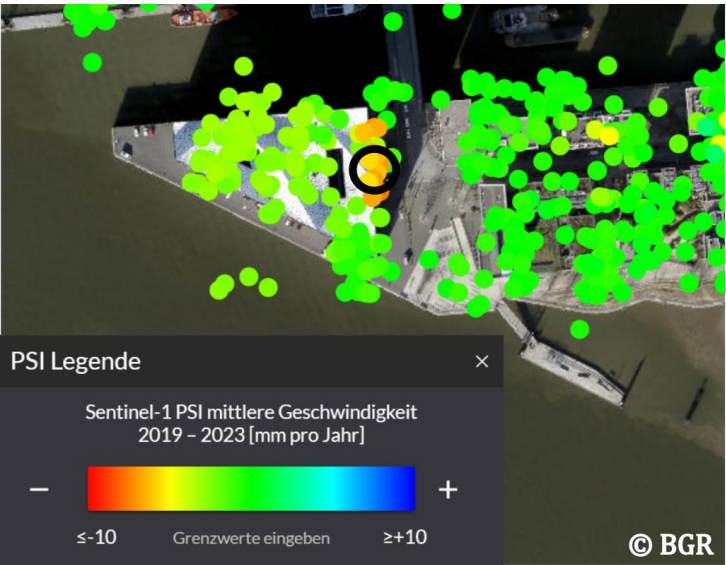
BodenBewegungsdienst Deutschland



Beispiel: Elbphilharmonie



Beispiel: Elbphilharmonie

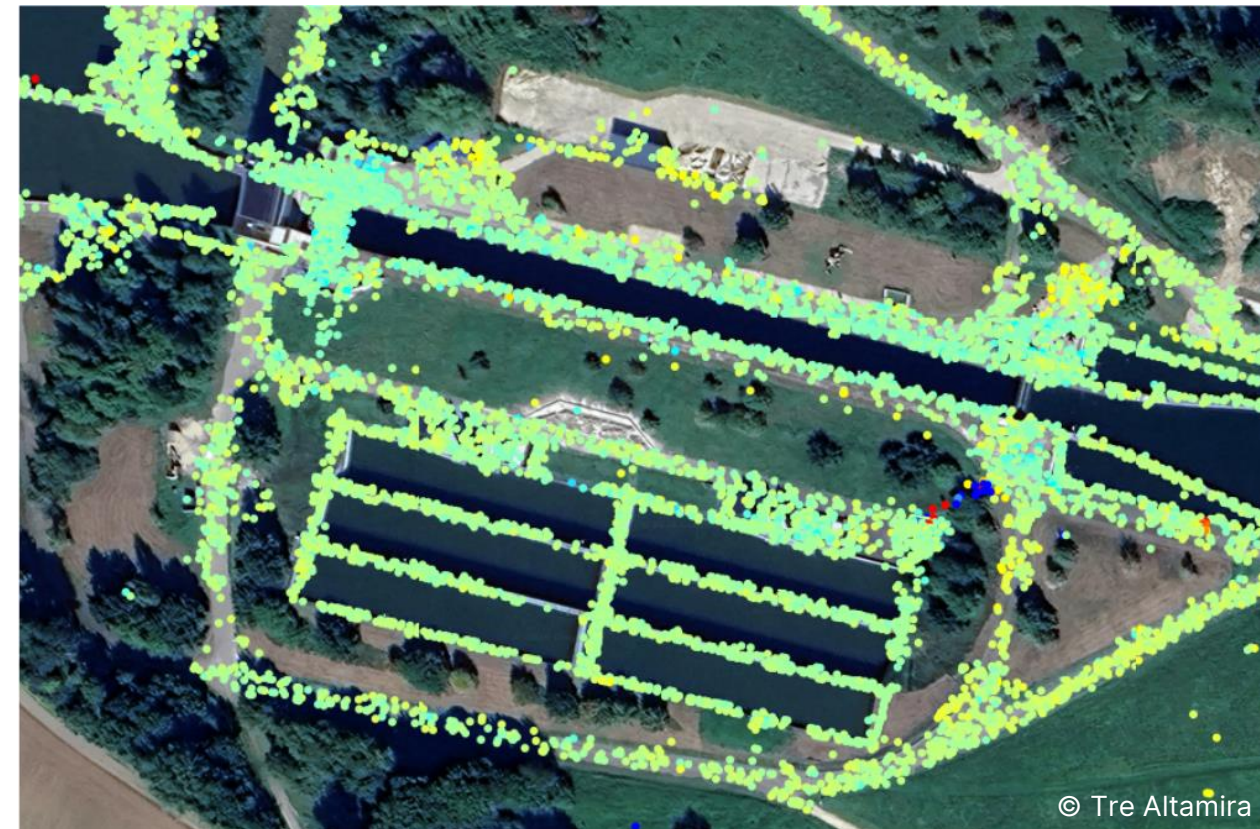


Beispiel: Schleuse Hilpoltstein (Main-Donau-Kanal)

Copernicus Sentinel-1



TerraSAR-X HRS Mode



Hebt InSAR das Monitoring jetzt auf ein neues Level?

Brauchen wir überhaupt noch etwas anderes?





- episodisch / anlassbezogen
- kleinräumige/objektspezifische Erfassung
- hochpräzise
- Vor-Ort-Messung
- Geometrieinformation über und unter Wasser
- i.d.R. keine frei nutzbaren Daten verfügbar



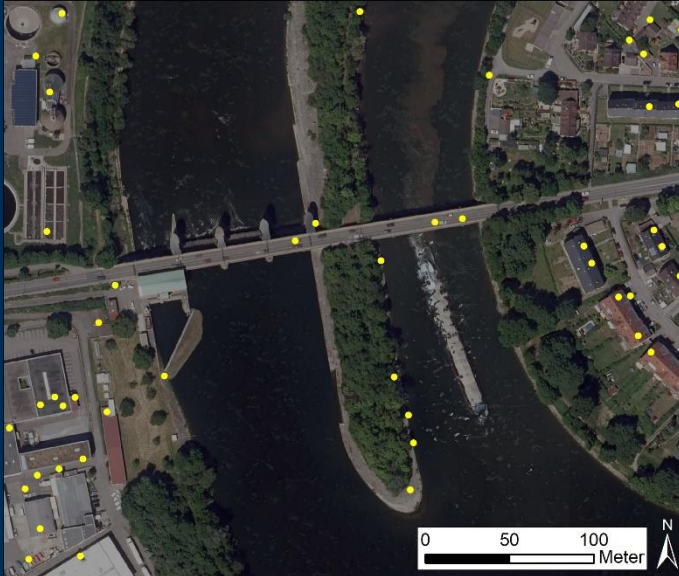
- kontinuierlich (im Rahmen der Wiederkehrrate)
- großräumige/objektübergreifende Bewegungsinformation
- hochpräzise
- keine Vor-Ort-Aktivität notwendig
- relative Bewegungsinformation über Wasser
- frei verfügbare Daten bspw. des BBD nutzbar

Infrastrukturmonitoring - Vision

Skalenübergreifender Ansatz

Stufe 1 Netzebene

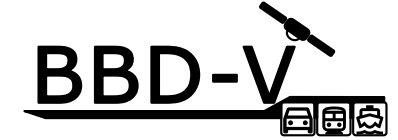
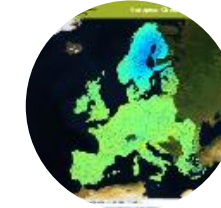
Großräumige Überwachung unter Nutzung frei verfügbarer, auf Copernicus basierender Daten und Produkte (bspw. BBD, EGMS)



Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG (2024)

Stufe 1

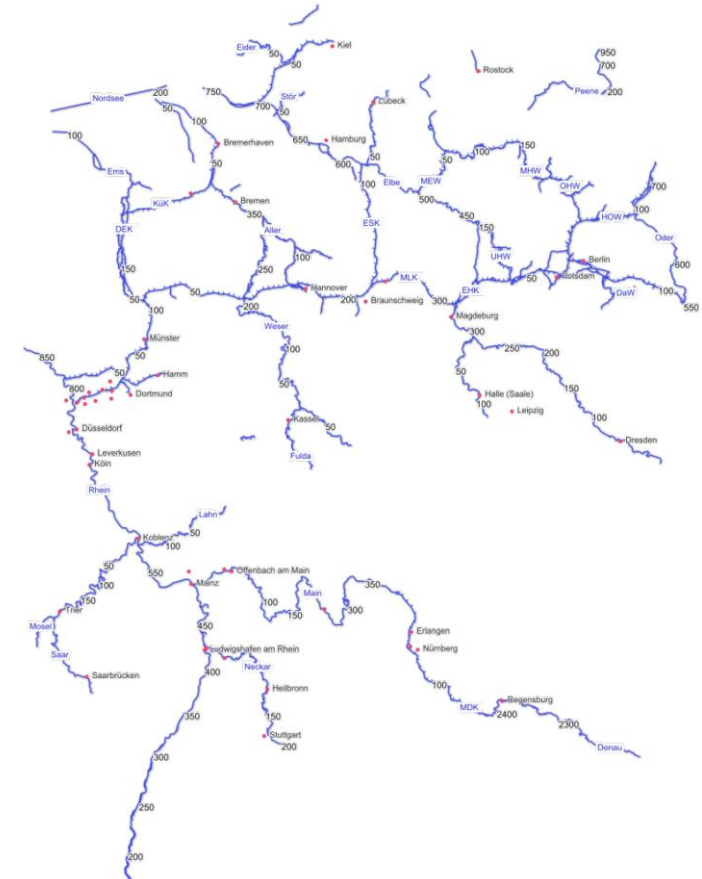
Netzebene



<https://bodenbewegungsdienst.bgr.de/>

<https://egms.land.copernicus.eu/>

<https://bbd-v.de/>



© Daten: Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

Infrastrukturmonitoring - Vision

Skalenübergreifender Ansatz

Stufe 1 Netzebene

Großräumige Überwachung unter Nutzung frei verfügbarer, auf Copernicus basierender Daten und Produkte (bspw. BBD, EGMS)

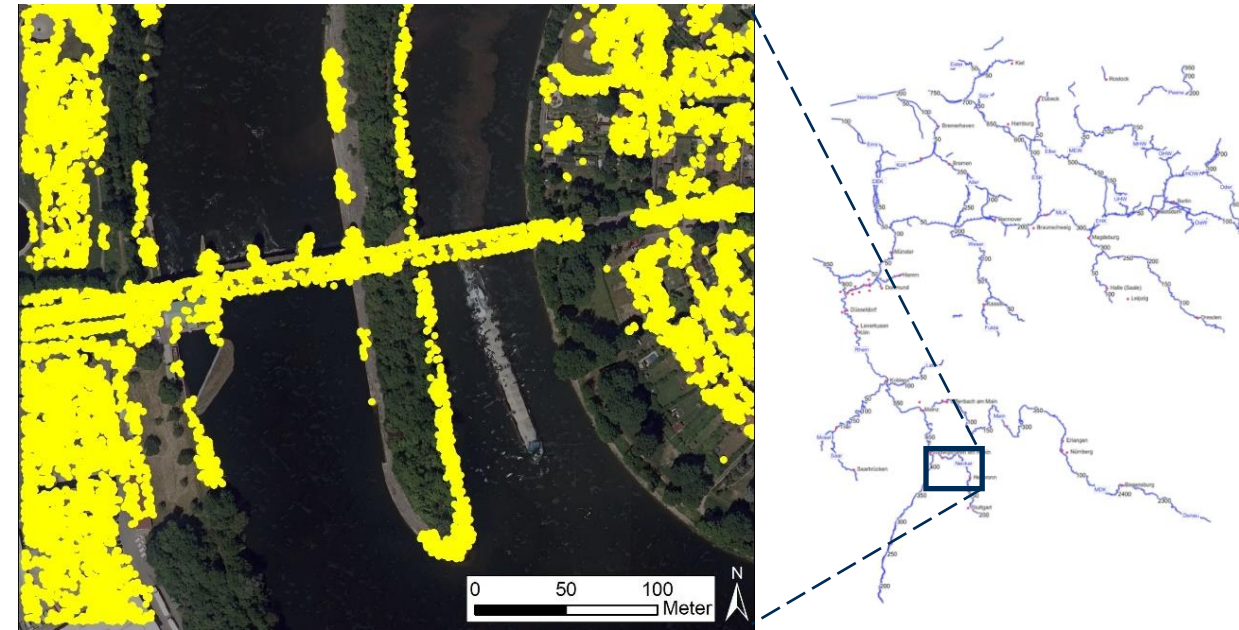
Stufe 2 Bauwerks- ebene

Bei Bedarf bauwerksspezifische Verdichtung mit hochauflösenden, kommerziellen Satellitendaten

Initiierung gezielter geodätischer kleinräumiger Überwachung (TLS, UAV, USV, TPS...)

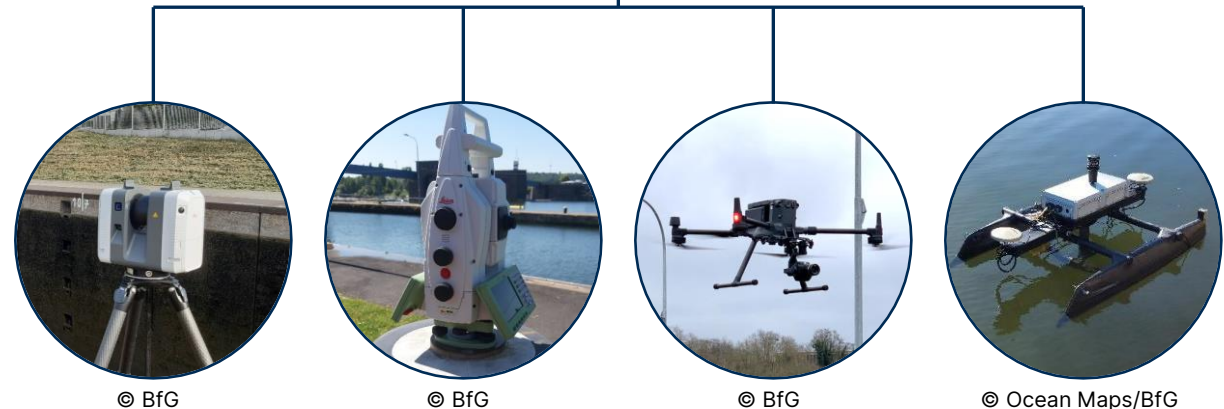
Stufe 2

Bauwerksebene



InSAR-Daten: © Tre Altamira/BfG
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG (2024)

© Daten: Wasserstraßen- und
Schifffahrtsverwaltung des Bundes



© BfG

© BfG

© BfG

© Ocean Maps/BfG

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Dr.-Ing. Florian Zimmermann
Referat M5 - Geodäsie und Fernerkundung
Ansprechperson für Ingenieurgeodäsie
+49 261 1306-5292
zimmermann@bafg.de

Dr.-Ing. Thomas Artz
Referat M5 - Geodäsie und Fernerkundung
Referatsleitung
+49 261 1306-5985
artz@bafg.de



Bundesanstalt für
Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

www.bafg.de

