

# Neue Methoden bei der Überwachung von kleinsten Deformationen

*Jens Hartmann, Florian Schäfer, Volker Spreckels und Jürgen Ruffer*

# Agenda

29.06.2023

- **Motivation**
- **Bauwerksmonitoring**
- **Sensoren**
- **Ziel/Ausblick**

# Motivation

Brücke des 20. Jahrestag (1968) in Brandenburg (Havel)

- 4. Oktober 1969 freigegeben
- 2x Bundesstraßen / 2x Bahnlinien
- Seit Dezember 2019 gesperrt
- Am 19.05.2021 gesprengt
- Neubau bis 2027

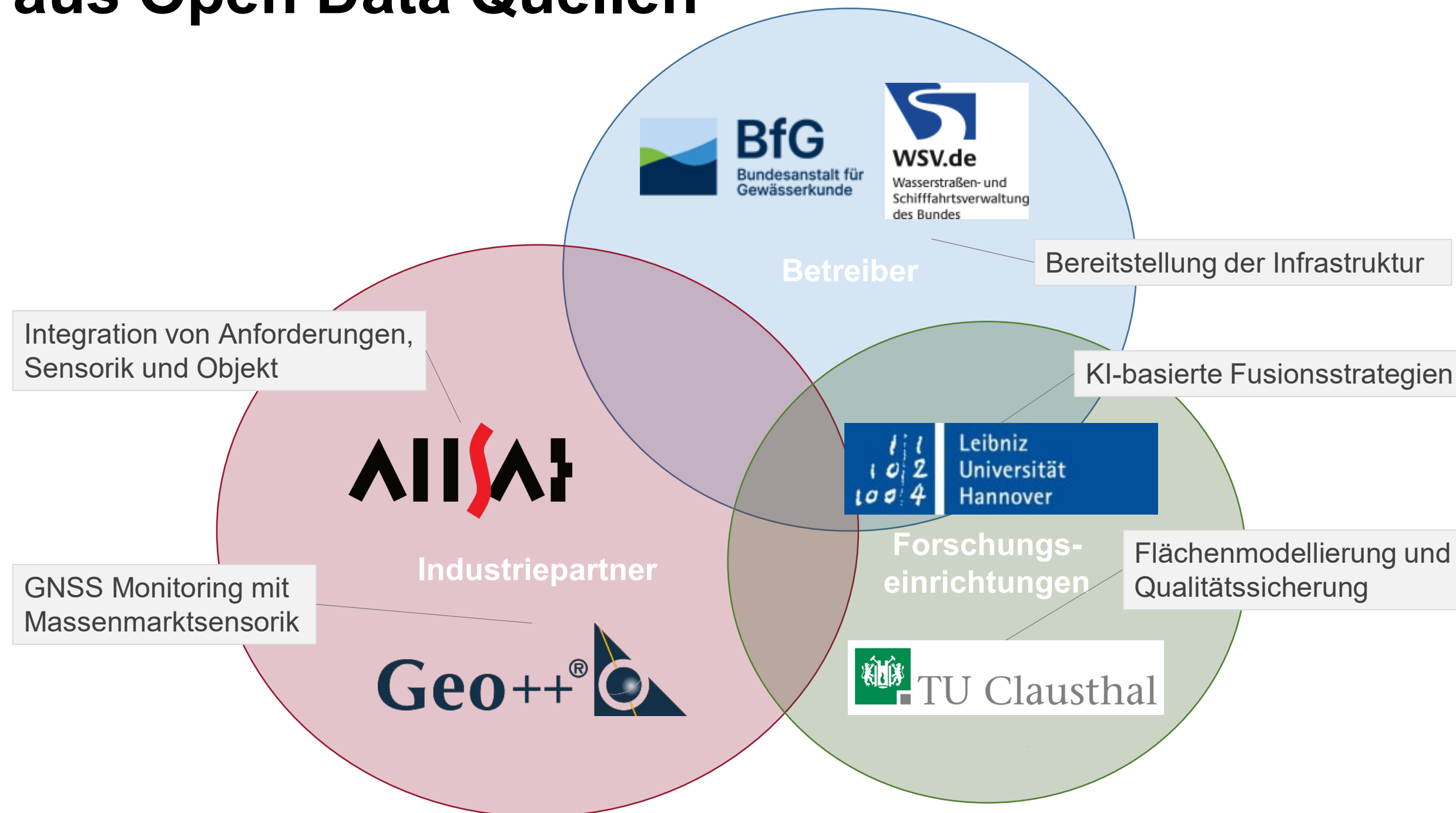


Foto: Th. Messerschmidt, moz.de



Quelle: rbb 24

# OpenData4InfMon - Untersuchungen zur Eignung einer Datenfusion von Daten aus Open Data Quellen



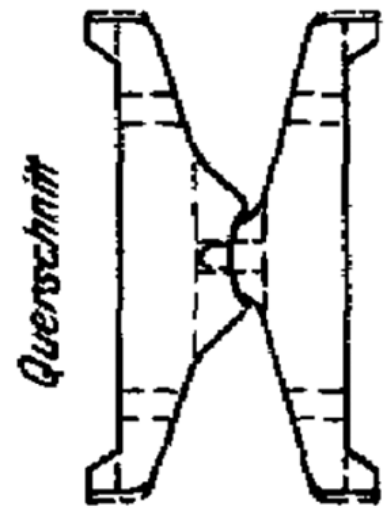
# Monitoring – alte Kanalbrücke Wasserstraßenkreuz Minden

- Kanal mit Wasser über 400 m langen Trogbrücken über die Weser geführt
- Alte Brücke 370 m
- 8x Dreigelenkbögen
  - 2x Strombögen (50 m) und
  - 6x Flutbögen (32 m)
- Baujahr:
  - Flutbögen – 1914
  - Strombögen - 1949

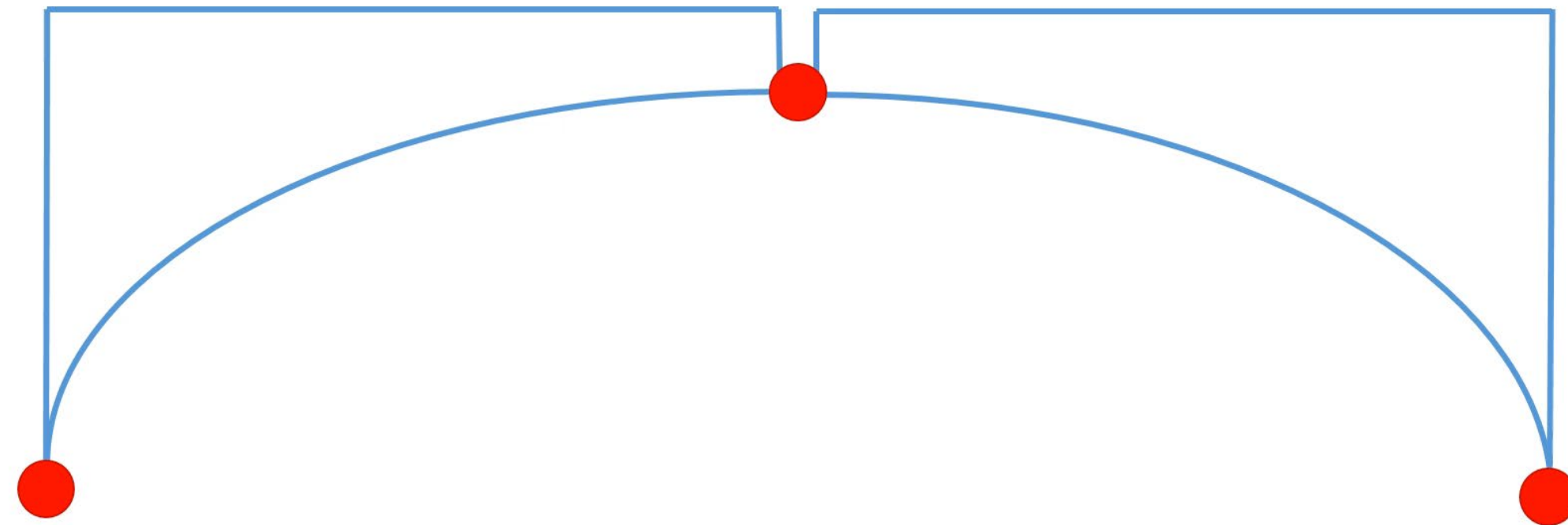


[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wasserstra%C3%9Fenkreuz\\_Minden\\_Mittellandkanal\\_%2851022144756%29.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wasserstra%C3%9Fenkreuz_Minden_Mittellandkanal_%2851022144756%29.jpg)

# Monitoring – Bewegungsverhalten

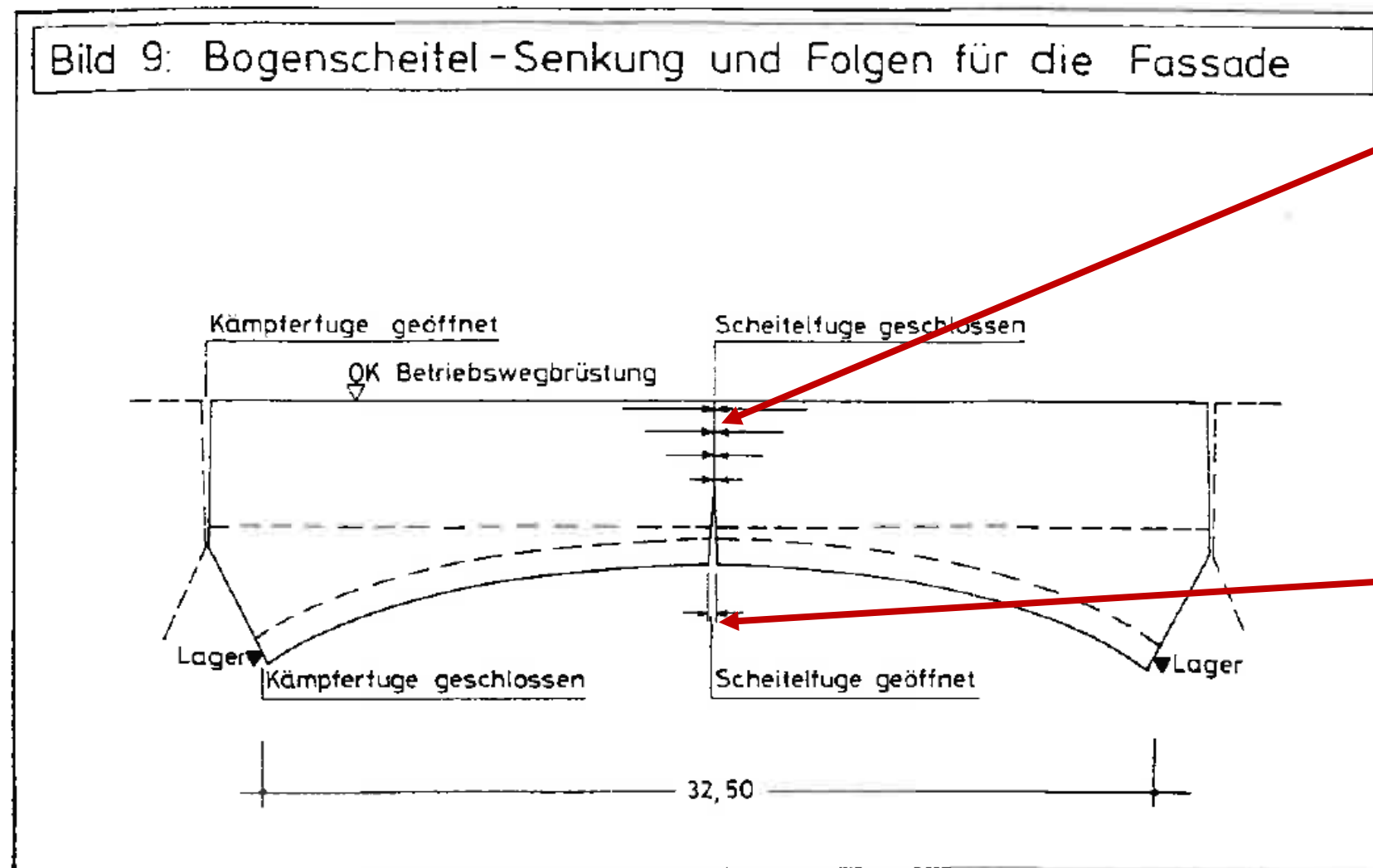


[Kiesel et al. 2022]



# Monitoring - Probleme am Bauwerk

- Scheitelfuge



[Haferburg und Müller 1987]

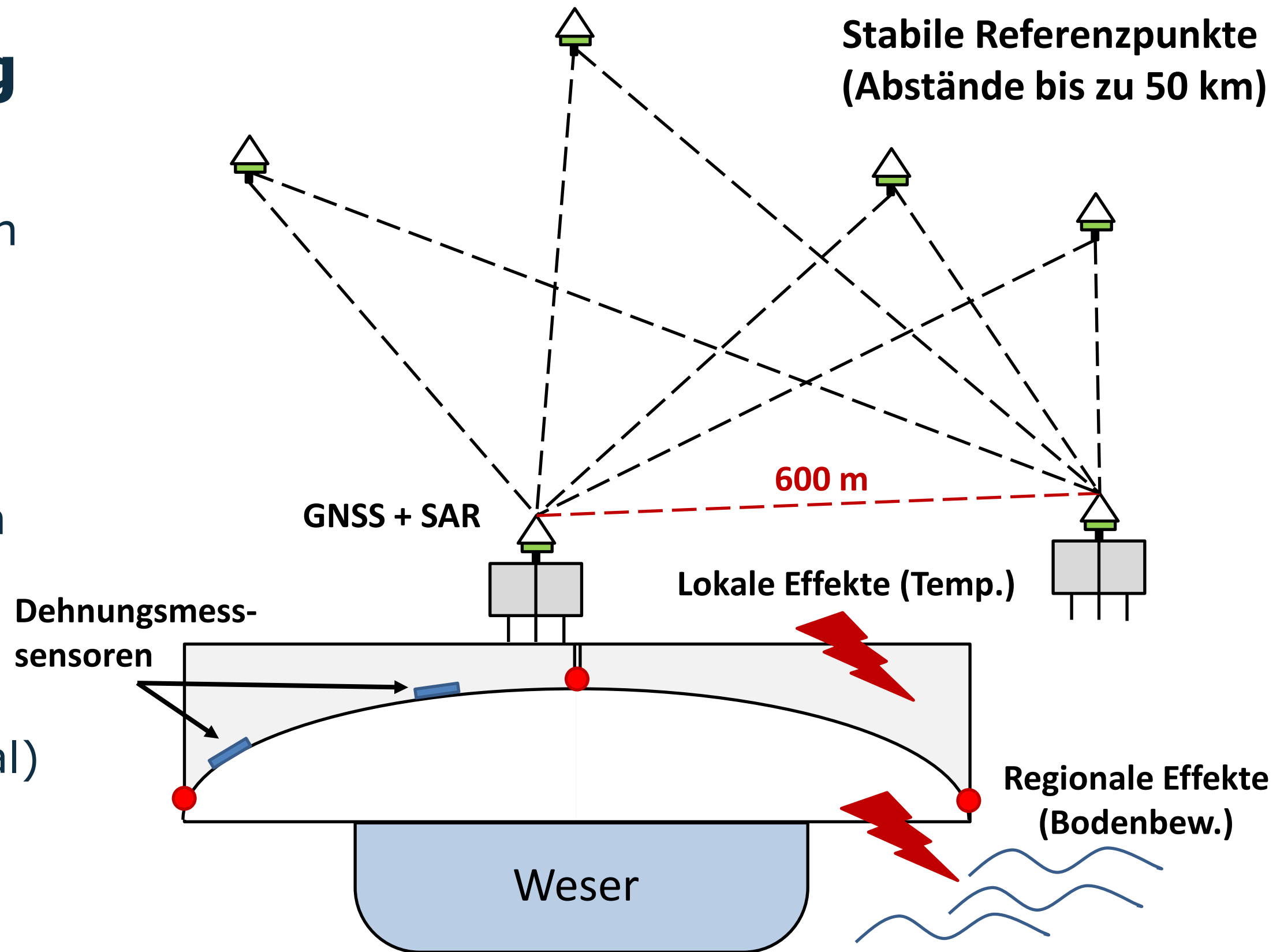


[Kiesel et al. 2022]

Quelle: Bundesanstalt für Wasserbau

# Monitoring - Zielstellung

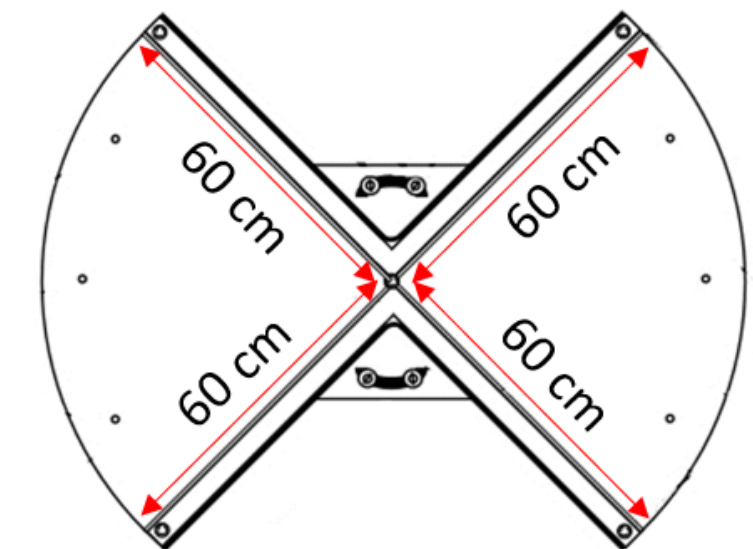
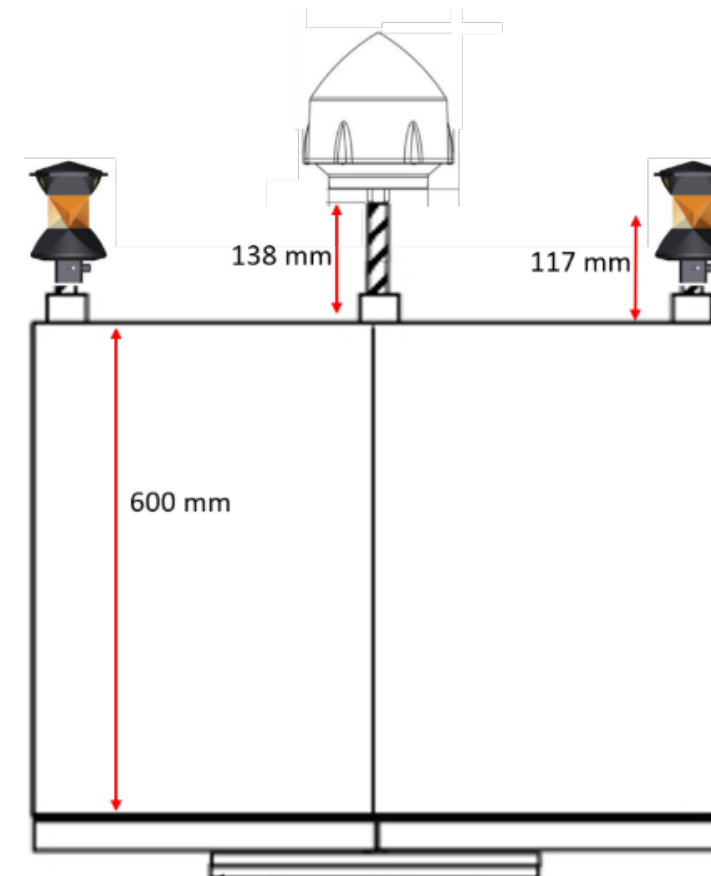
- Deformationen – Bauwerksverhalten
  - Lokale Effekte (Tagesgang)
    - Temperatur, Alterung, ...
    - Verkehr
- Deformationen - Bodenbewegungen
  - Regionale Effekte (Bodenbewegungen)
  - Grundwasser, Bergbau, ...
- Trennung der Effekte (lokal, regional)



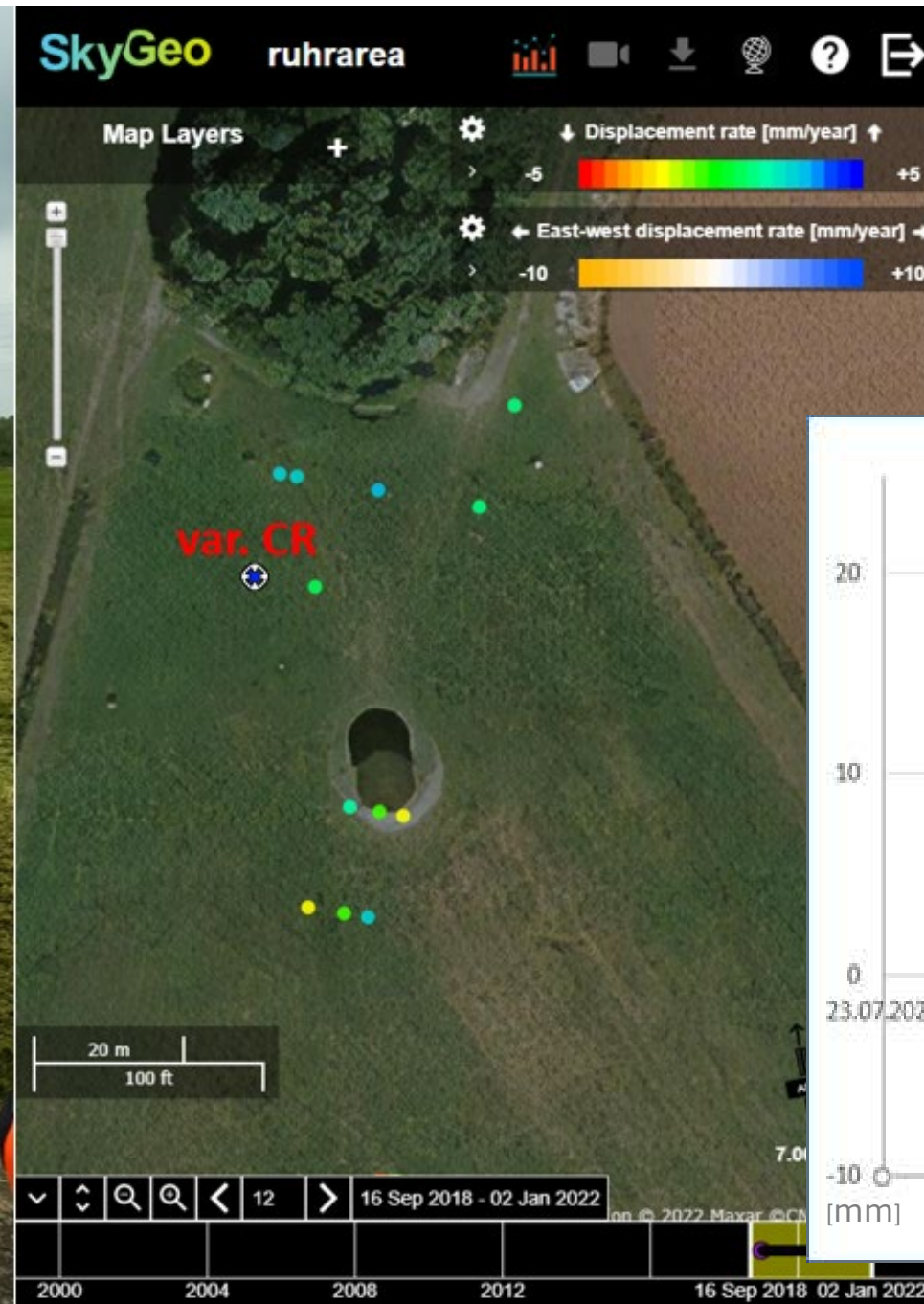
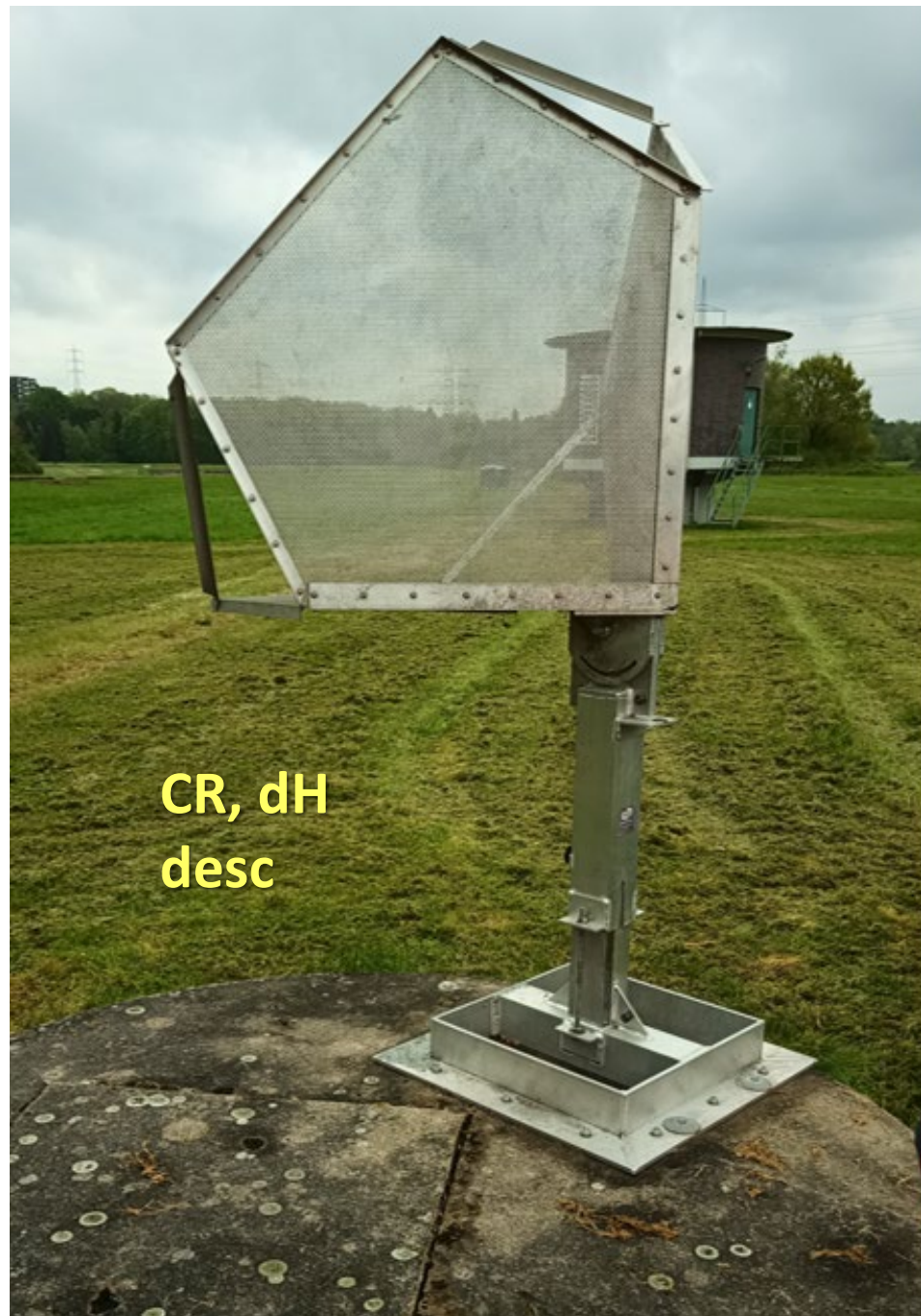


# Sensoren - Doppel-Corner-Reflektor/GNSS

- Verknüpfung von GNSS und SAR
  - SAR – flächenhafte Erfassung
  - GNSS – punktuelle Erfassung
- Optional Verknüpfung mit:
  - Tachymeter
  - Nivellement

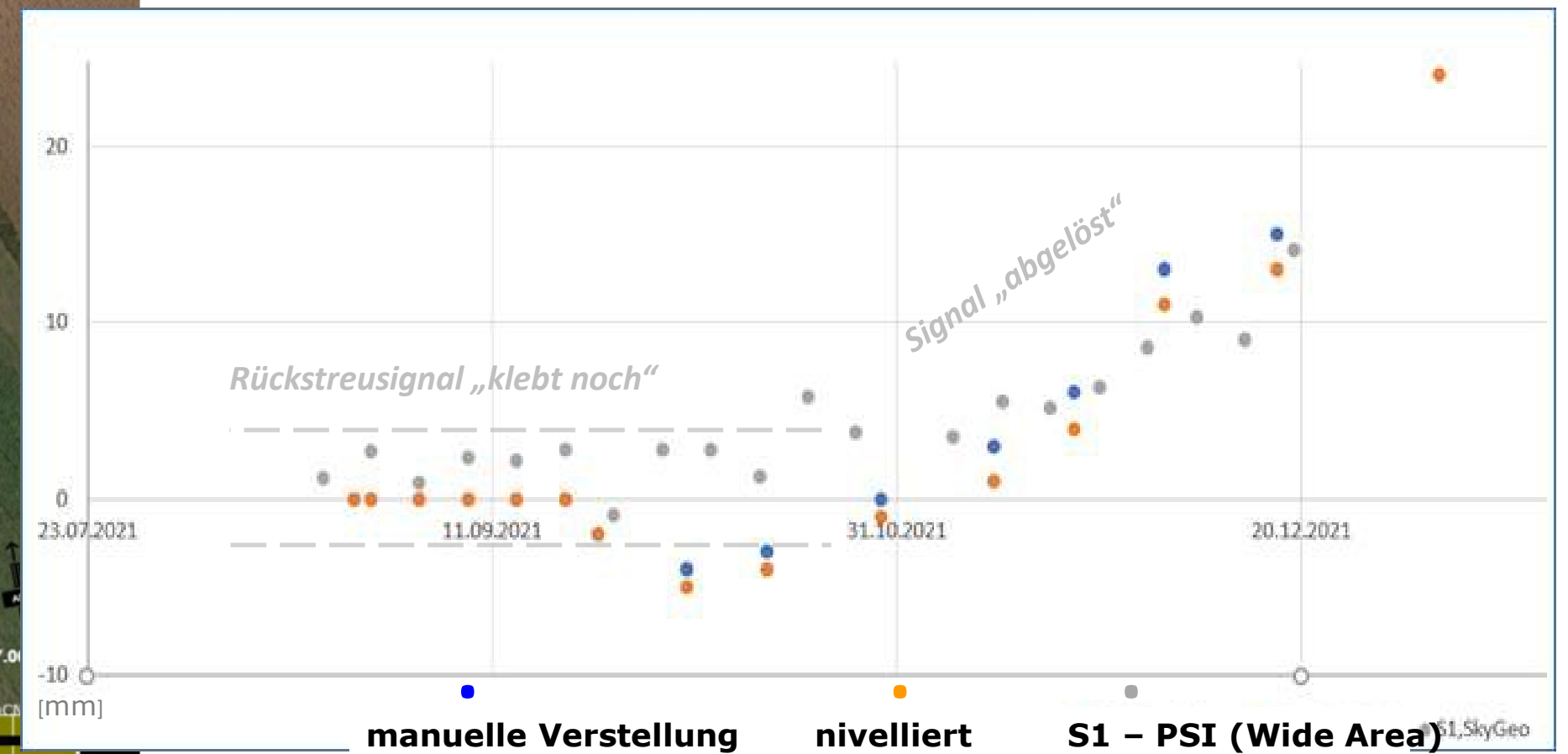


# Sensoren – Validierung Corner-Reflektoren/GNSS



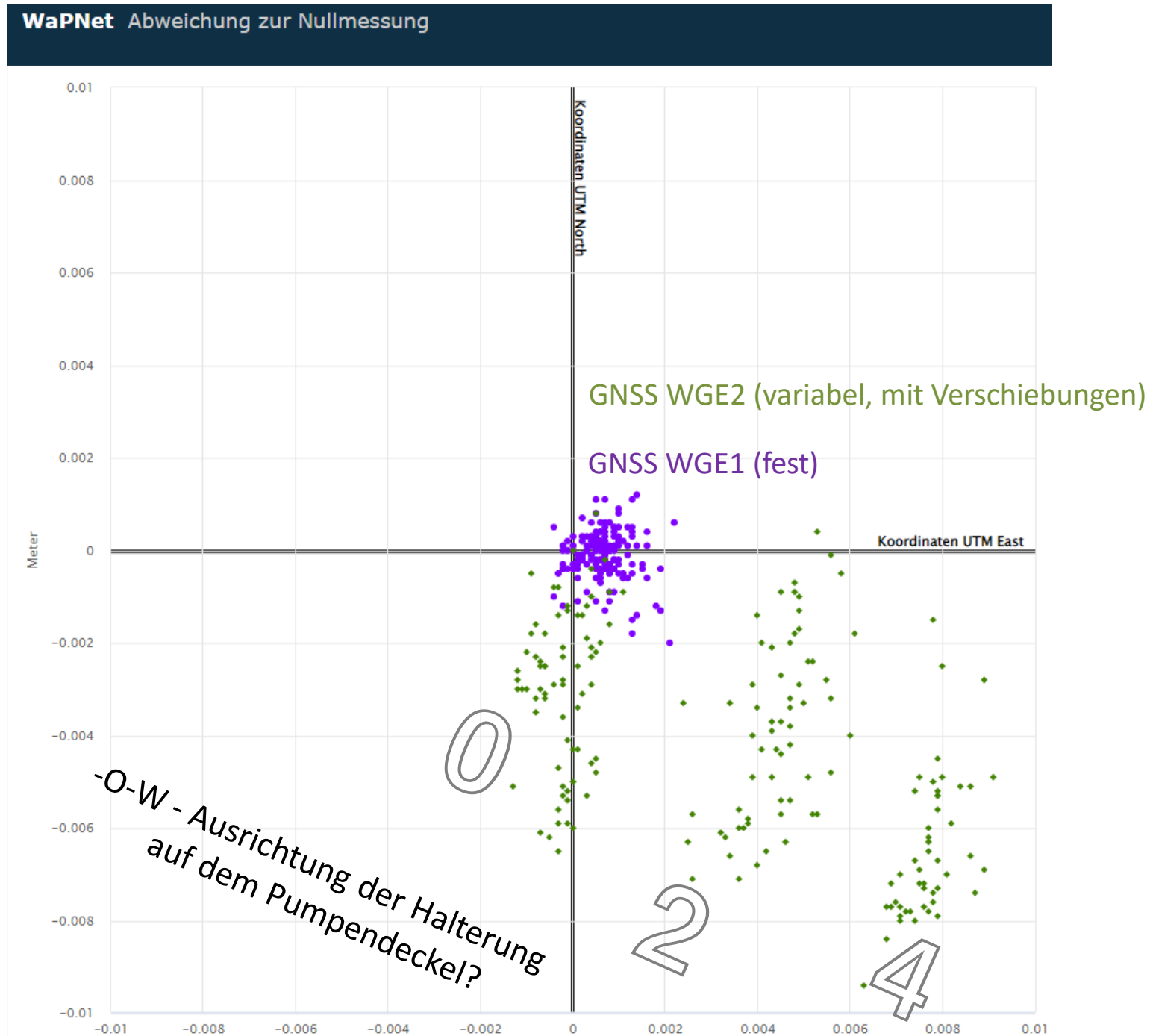
Zeitreihendarstellung:

- Manuelle Höhenverstellung
- Kontrollmessung (Nivellement)
- InSAR-Auswertung (Sentinel-1, Wide Area)



[Knospe et al. 2023]

# Sensoren – Validierung Corner-Reflektoren/GNSS



GB-Nr.: 2023-VE-0032 Gemessene Verstellwerte CR3 2023 Wassergewinnung Essen-Überruhr

CR 2 ab 2023

Verstellung (Planung)	Datum	PNr.	32365 East [m]	5699 North [m]	Höhe [m ü. NHN]	Höhe [m ü. NHN]
0	16.01.2023 (Nullmessung)	301	661,387	673,538	57,673	56,274
		302	660,638	673,544	57,672	
	20.01.2023 (2. Nullmessung)	303	660,646	674,348	57,676	
		304	661,394	674,343	57,678	

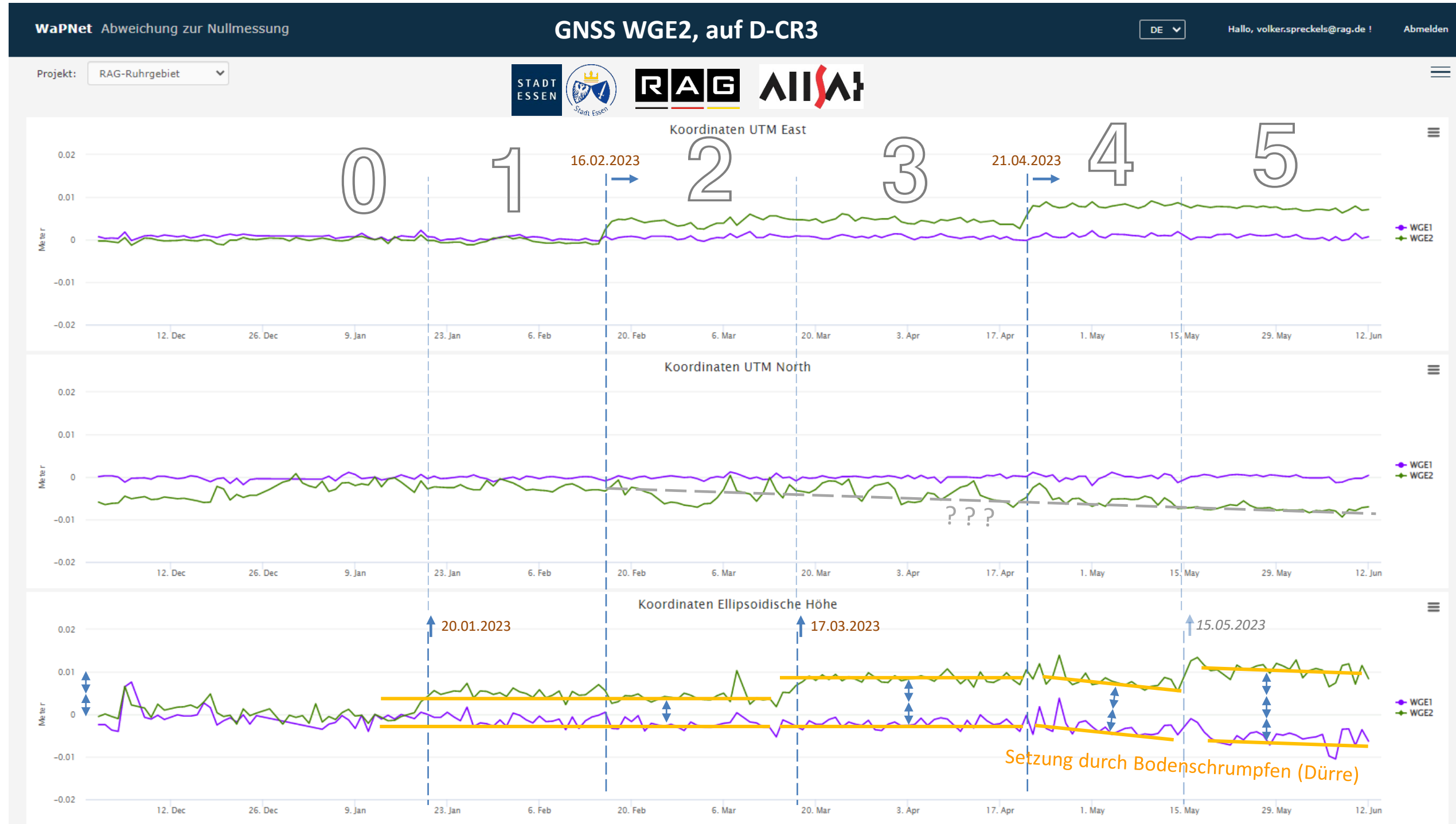
Die Änderungen berechnen sich vorzeichenrichtig als Differenz der jeweiligen Messung zur Nullmessung vom 16.01.2023

Verstellung (Planung)	Datum	PNr.	D East [mm]	D North [mm]	D Höhe [mm]	D Höhe [mm]	DH ges. [mm]
1	20.01.2023	301	1mm	1mm	5mm	5mm	5mm
		302	0mm	-1mm	5mm		
		303	0mm	0mm	5mm		
		304	0mm	0mm	5mm		
2	16.02.2023	301	6mm	-1mm	5mm	5mm	5mm
		302	6mm	-2mm	4mm		
		303	6mm	-1mm	5mm		
		304	6mm	-1mm	6mm		
3	17.03.2023	301	6mm	-1mm	10mm	5mm	10mm
		302	5mm	-2mm	10mm		
		303	6mm	-1mm	10mm		
		304	6mm	-1mm	11mm		
4	21.04.2023	301	10mm	-2mm	10mm	5mm	10mm
		302	9mm	-3mm	9mm		
		303	10mm	-2mm	10mm		
		304	9mm	-3mm	11mm		



[Darstellung V. Spreckels RAG]

# Sensoren- GNSS GLOMON (Global-Monitoring) Portal



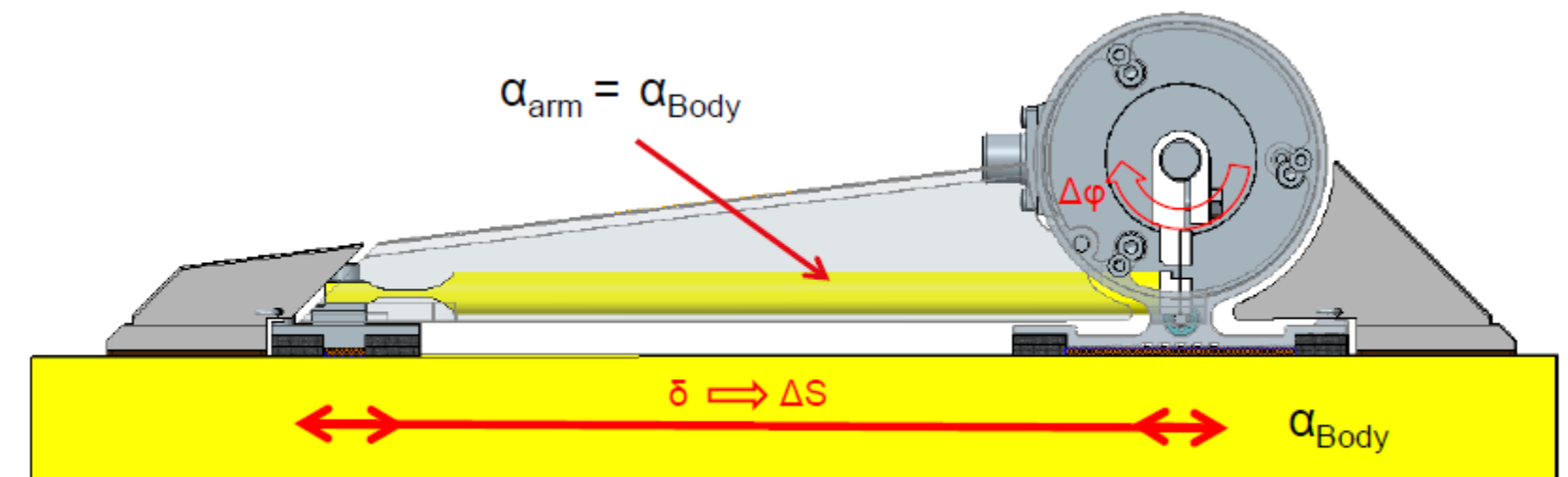
[Darstellung V. Spreckels RAG]

## Sensoren - Dehnungsmesssensor (ESR)

- Hohe Abtastrate und Auflösung
- Triggerinterface (Synchronisierung)
- Robust und schnell zu montieren
- Interne Temperaturmessung/Kompensation

Technical data		
Max. meas. range $\Delta s$	$\pm 1\text{mm}$	$\pm 5000\mu\epsilon$
Max. meas. angle $\Delta\phi$		$\pm 2^\circ$
Resolution 0,038" (25 bit)	5 nm	0,025 $\mu\epsilon$

[Heidenhain 2021]



Passive temperature compensation!

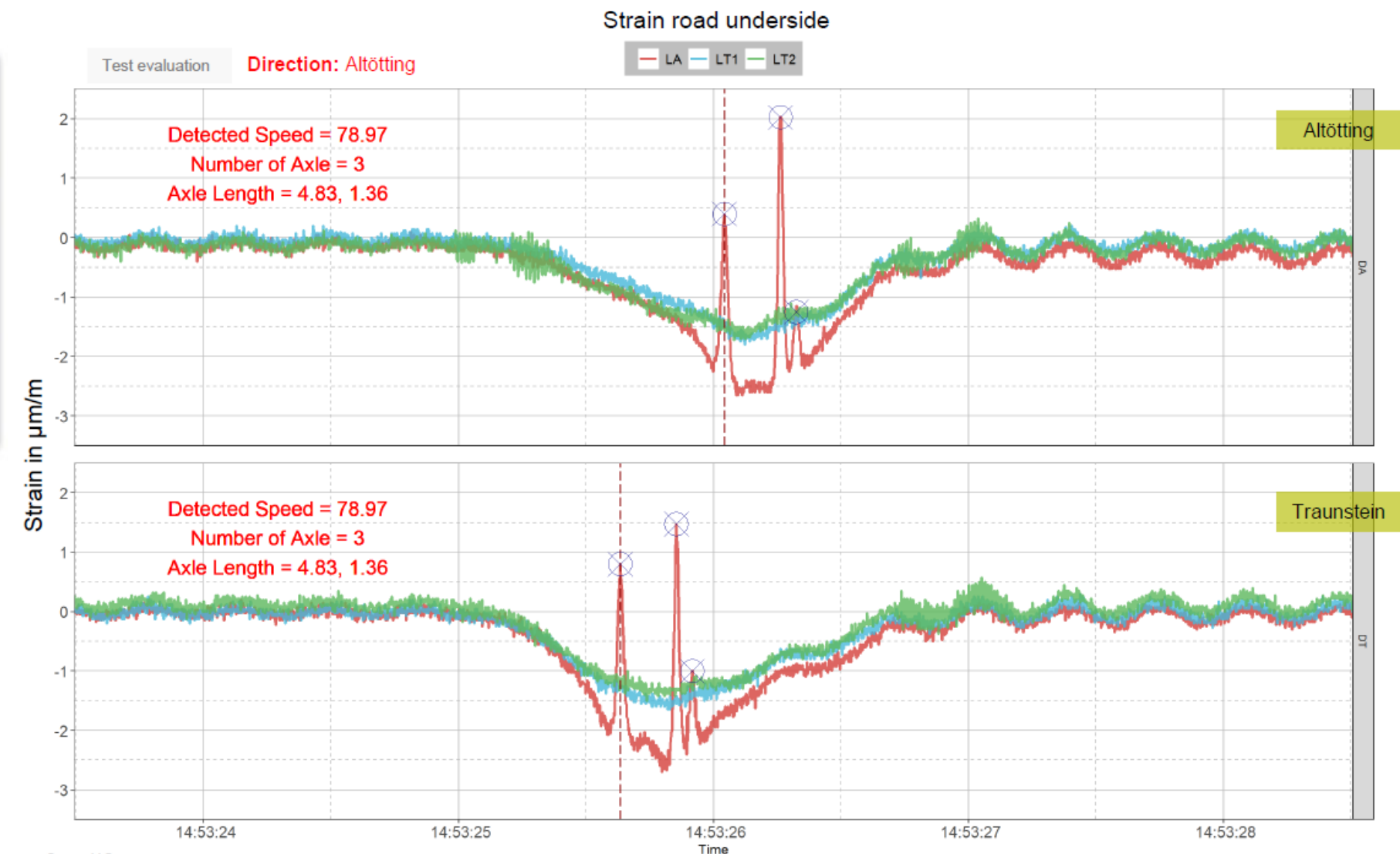


# Sensoren - Anwendung Dehnungsmesssensor



Brücke über Traun bei St. Georgen, Bayern

- Installation:
- 21x ESR 225 sensors
  - 16x Temp. sensor
  - 5x 3D accelerometers
  - 1x Radar system

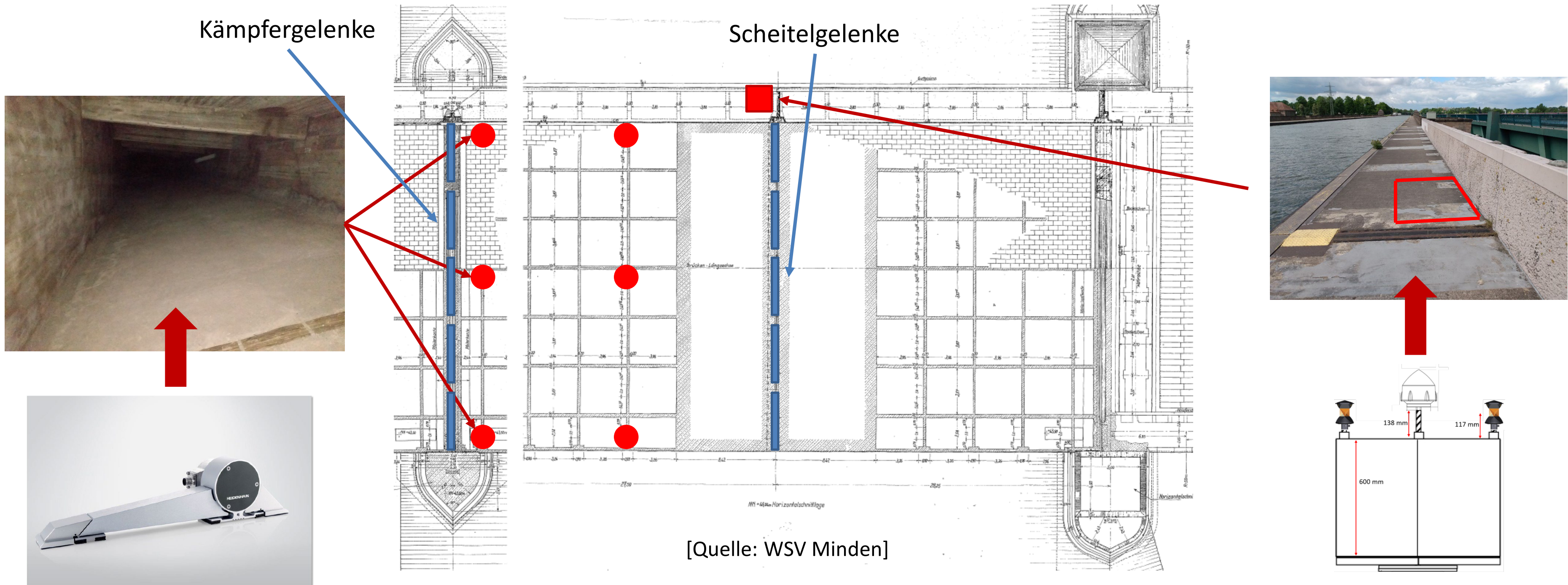


HEIDENHAIN example truck: 3 axis, 18 to gross weight  
Axes A/B/C: 8,11/5,93/3,68 to

■ = Sensor position

[Heidenhain 2021]

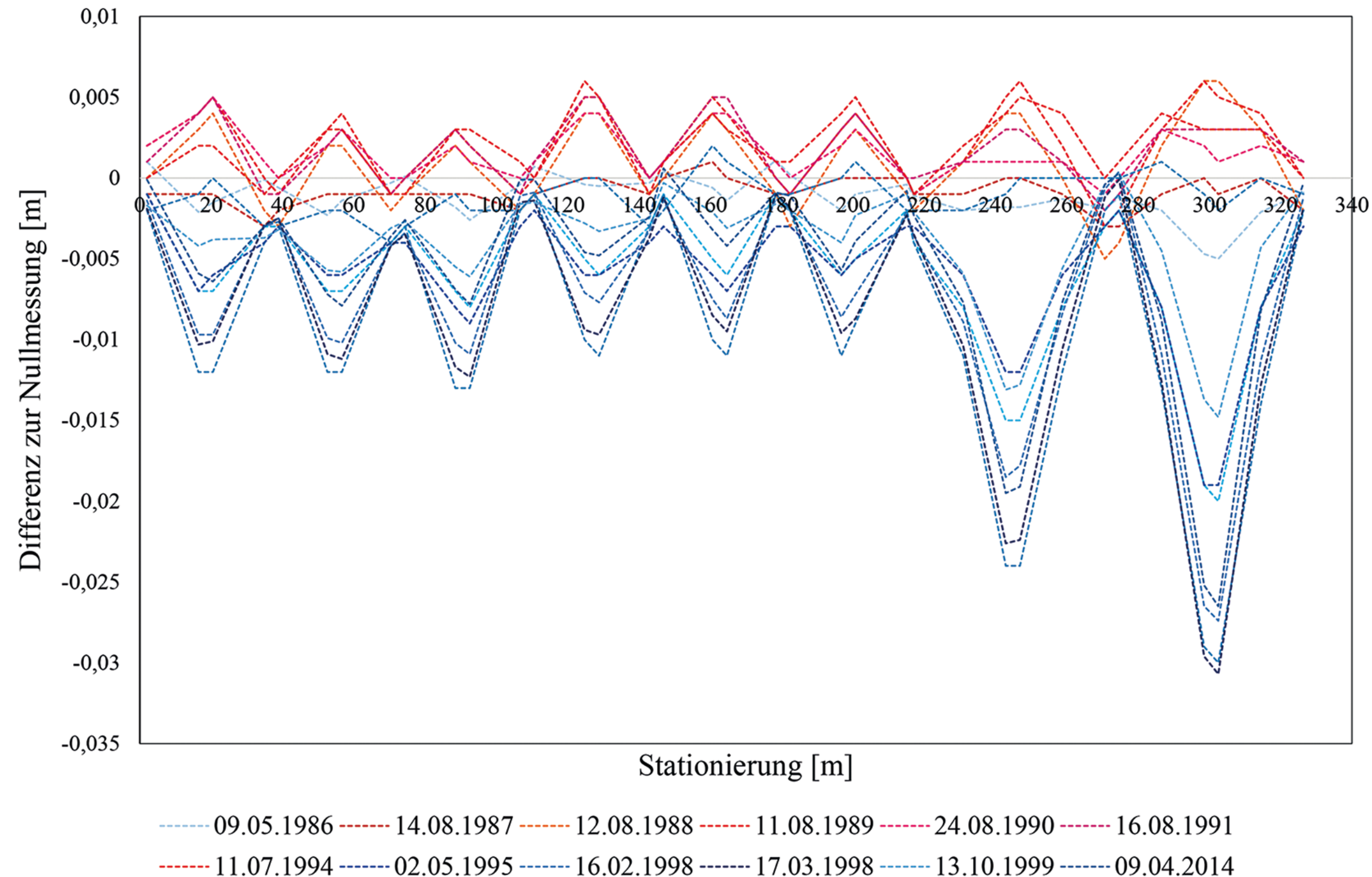
# Sensoren - Anordnung



[Quelle: WSV Minden]

# Ziele

- Möglichst Trennung lokalen/regionalen Effekten
- Erweiterung geotechnische Sensoren
- Verknüpfung mit klassischen Messdaten (Niv., Tachy.)
  - Alle 6 Jahre



[Kiesel et al. 2022]



## Ausblick

- Installation der Hardware (07/2023)
- Synchronisierung der Sensoren/Messdaten
- Automatisierte Datenübertragung via Mobilfunk
- Darstellung der Messdaten im GLOMON-Portal
- Zeitreihenanalyse
- Interpretation des Bauwerksverhaltens (WSV, BfG, BAW)



Jens Hartmann  
jens.hartmann@allsat.de

Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit

Welche Fragen haben Sie?



Volker Spreckels  
volker.spreckels@rag.de



Florian Schäfer  
florian.schaeffer@allsat.de



Jürgen Rüffer  
juergen.rueffer@allsat.de

# Literatur

Knospe, F.; Krückhans, M.; Spreckels, V.; Rüffer, J.; Schulz, M.; Schäfer, F. (2023) *Validierung von Messverfahren für das Bodenbewegungs-Monitoring*. GeoMonitoring 2023, 9. März 2023, Leibniz Universität Hannover

Haferburg, H.-J. und Müller, D. (1987) *Instandsetzung der Mittellandkanalbrücke 144b über die Weser in Minden*, Mitt.bl.BAW (1987) Nr. 61, S. 102 - 152

Kiesel, A.; Stein, R.; Borschnek, F.; Stephan, C. (2022) *Bautechnische Untersuchungen an der historischen Kanalbrücke Minden*. Bautechnik 99, H. 5, S. 358–366. <https://doi.org/10.1002/bate.202200025>

Heidenhain (2021) *Unternehmenspräsentation 2021 – Anspruchsvolle Positionierungsaufgaben Mess- und Steuerungstechnik für ihre Branche*