Validierung von Messverfahren für das Bodenbewegungs-Monitoring

Dr. Frank Knospe, Dr. Martin Krückhans
Amt für Geoinformation, Vermessung und Kataster, Essen

Volker Spreckels
RAG Aktiengesellschaft, Essen

Jürgen Rüffer, Michael Schulz, Florian Schäfer
ALLSAT GmbH, Hannover

Einführung

- Zusammenarbeit Stadt Essen und RAG im Bereich InSAR mit TS-X seit 2018
- Motivation: Monitoring der Erdoberfläche und Infrastruktur im Altbergbaubereich und im Zuge des kontrollierten Grubenwasseranstiegs ab ca. 2024
- Aufbau eines Test- und Validierungsfeldes in der Wassergewinnung der Stadtwerke Essen mit ALLSAT und RAG
- Ergebnisse der Messverfahrenvalidierung über die Kombination: terrestrische Referenzmessungen (Tachymetrie, Nivellement), permanentes GNSS zur Validierung von InSAR-Auswertungen über Soll-Ist - Vergleiche in „Closed-Loops“

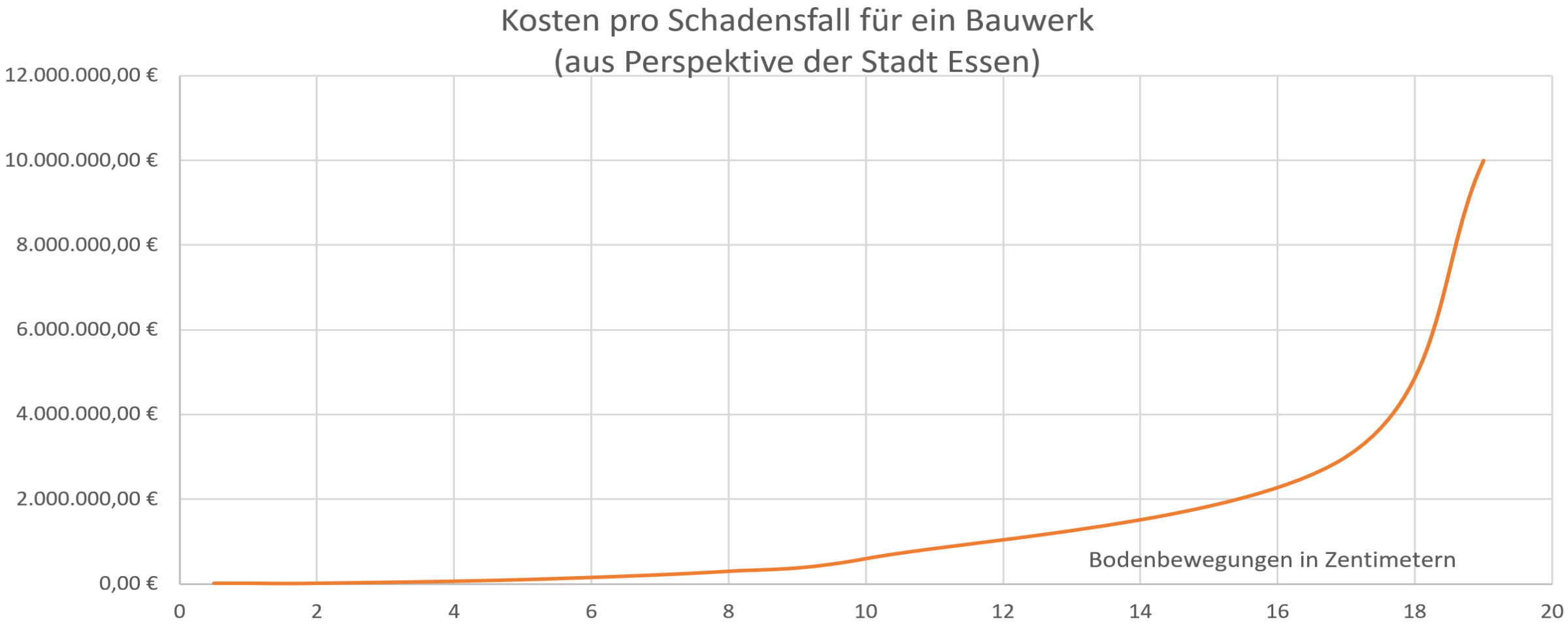
Warum Monitoring als kommunale Aufgabe?

- Monitoring (Boden- und Objekt-)
  - Erstindikationen sind meist „menschliche“ Beobachtungen
    (Risse, „die Schule steht schief“, „es rieselt Putz“, „die Straßenbahn fährt komisch“,…)
  - Schadensabwehr auf Abruf
  - Baumaßnahmen alternativlos

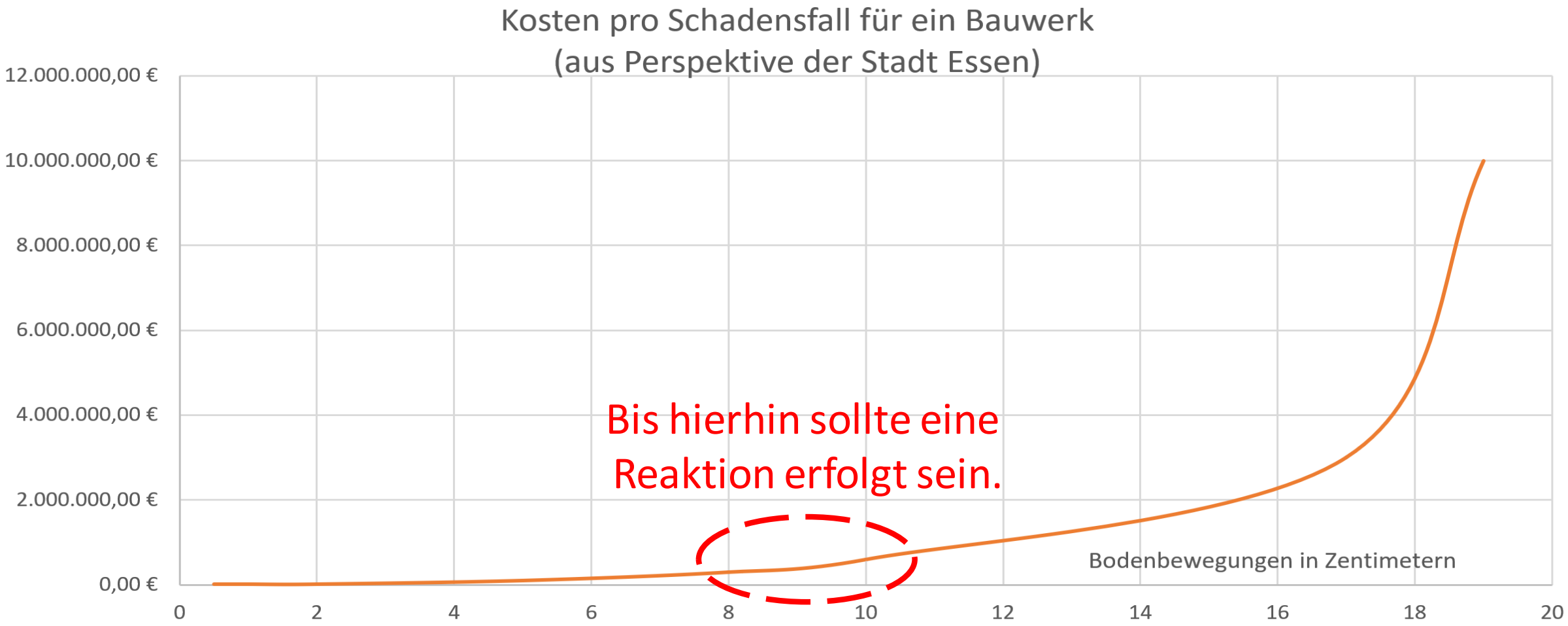
Warum Monitoring als kommunale Aufgabe?

- Bodenmonitoring:
  - VermKatG NRW (Pflichtaufgabe)
  - Stadtgebiet Essen
- Objektmonitoring:
  - Verkehrssicherungspflicht
  - interne Dienstvorschriften
  - Erfüllung von Pflichtaufgaben Dritter (Beteiligung)

Warum Monitoring als kommunale Aufgabe?



Warum Monitoring als kommunale Aufgabe?



Aufbau einer „Reaktionskette“

	Abdeckung	Genauigkeit	Kadenz	Personalaufwand	Sachaufwand	Betriebsstatus
1. InSAR-Daten	Stadtgebiet	Zentimeter	wöchentlich	gering	hoch	in Betrieb/ in der Weiterentwicklung
2. UAV-Befliegungen	Baublöcke	Zentimeter	wöchentlich	mäßig	gering	Betrieb am 2023
3. InSAR Corner Reflektoren	Einzelpunkte	Millimeter	wöchentlich	gering	mäßig	im Aufbau
4. Laserscanning Überwachung	Räume im Gebäude	Millimeter	täglich	hoch	gering	Technik und KnowHow vorhanden, Praktische Erprobung
5. GNSS	Einzelpunkte/Basis-linien	Zentimeter	täglich	mäßig	gering	Technik und KnowHow vorhanden, Praktische Erprobung
6. Nivellement Überwachung	Einzelpunkte am Gebäude	Millimeter	täglich	hoch	gering	in Betrieb
7. Tachymetrie Überwachung	Flächen am Gebäude	Millimeter	minütlich	mäßig	gering	Technik vorhanden, keine praktische Erfahrung
8. Monitoringsysteme HighEnd	Einzelpunkte am Gebäude	Millimeter	minütlich	gering	hoch	in Betrieb
9. Monitoringsysteme LowCost	Einzelpunkte am Gebäude		minütlich	gering	gering	Erforschung und KnowHow Aufbau
10. Georadartechnologie	Strukturen im Bauelement		täglich	hoch	gering	in Betrieb
11. Multisensormesssfahrzeug	Baublöcke	Millimeter	wöchentlich	mäßig	hoch	Erprobung (für andere Anwendungsfälle in Betrieb)

Eigenschaften von InSAR

- C-Band Satellitendaten sind frei verfügbar und archiviert (Sentinel-1).
- Hochauflösende Satelliten-daten sind für kommunale Aufgaben nötig,
- diese sind nur über eine Beauftragung erwerbbar.
- Auswertungen sind insoweit rückwirkend durchführbar, wie Archivdaten vorliegen.

Aufbau einer „Reaktionskette“

Weiter betrachtet werden:

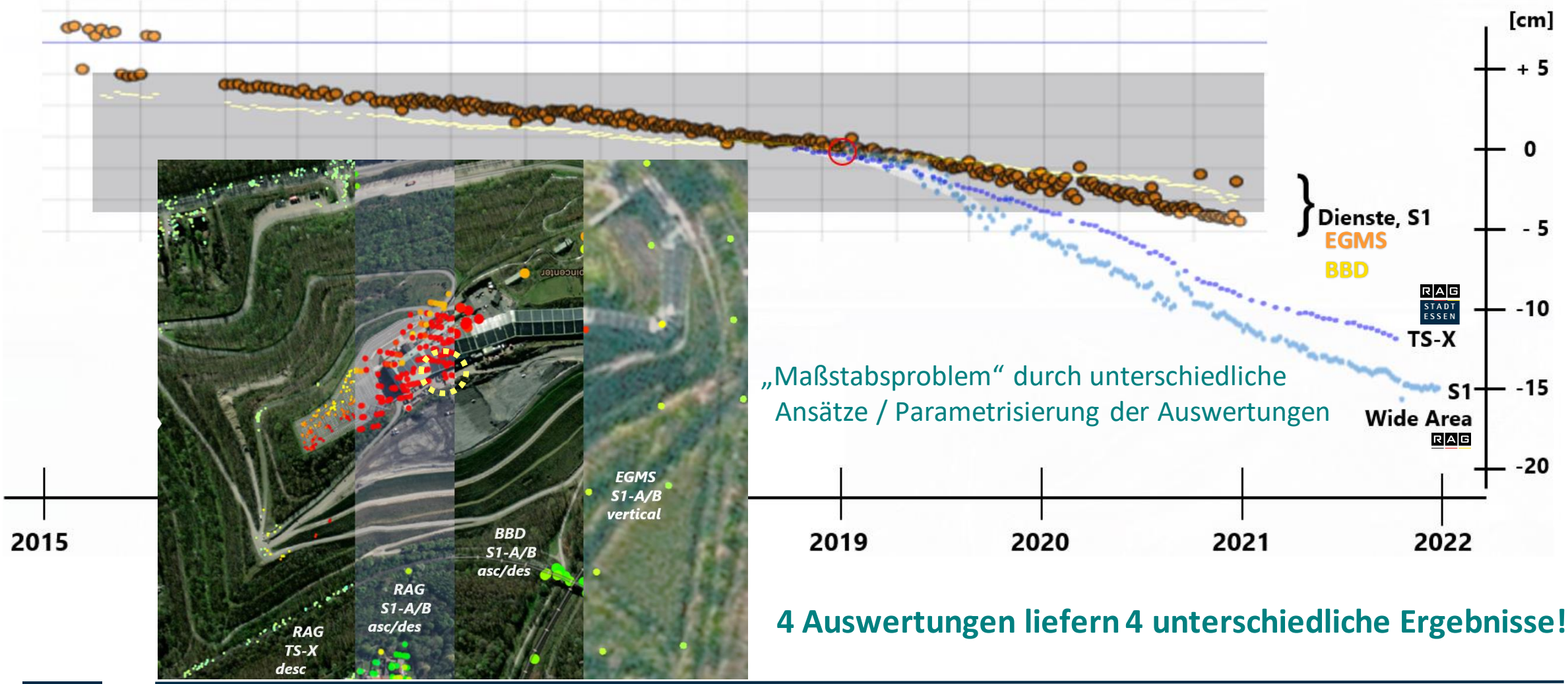
	Abdeckung	Genauigkeit	Kadenz	Personalaufwand	Sachaufwand	Betriebsstatus
1. InSAR-Daten	Stadtgebiet	Zentimeter	wöchentlich	gering	hoch	in Betrieb/ in der Weiterentwicklung
2. UAV-Befliegungen	Baublöcke	Zentimeter	wöchentlich	mäßig	gering	Betrieb am 2023
3. InSAR Corner Reflektoren	Einzelpunkte	Millimeter	wöchentlich	gering	mäßig	im Aufbau
4. Laserscanning Überwachung	Räume im Gebäude	Millimeter	täglich	hoch	gering	Technik und KnowHow vorhanden, Praktische Erprobung
5. GNSS	Einzelpunkte/Basis-linien	Zentimeter	täglich	mäßig	gering	Technik und KnowHow vorhanden, Praktische Erprobung
6. Nivellement Überwachung	Einzelpunkte am Gebäude	Millimeter	täglich	hoch	gering	in Betrieb
7. Tachymetrie Überwachung	Flächen am Gebäude	Millimeter	minütlich	mäßig	gering	Technik vorhanden, keine praktische Erfahrung
8. Monitoringsysteme HighEnd	Einzelpunkte am Gebäude	Millimeter	minütlich	gering	hoch	in Betrieb
9. Monitoringsysteme LowCost	Einzelpunkte am Gebäude		minütlich	gering	gering	Erforschung und KnowHow Aufbau
10. Georadartechnologie	Strukturen im Bauelement		täglich	hoch	gering	in Betrieb
11. Multisensormesssfahrzeug	Baublöcke	Millimeter	wöchentlich	mäßig	hoch	Erprobung (für andere Anwendungsfälle in Betrieb)

Eigenschaften von InSAR

- C-Band Satellitendaten sind frei verfügbar und archiviert (Sentinel-1).
- Hochauflösende Satelliten-daten sind für kommunale Aufgaben nötig,
- diese sind nur über eine Beauftragung erwerbbar.
- Auswertungen sind insoweit rückwirkend durchführbar, wie Archivdaten vorliegen.

Offene Fragen: Validität von InSAR-Daten / Auswertung

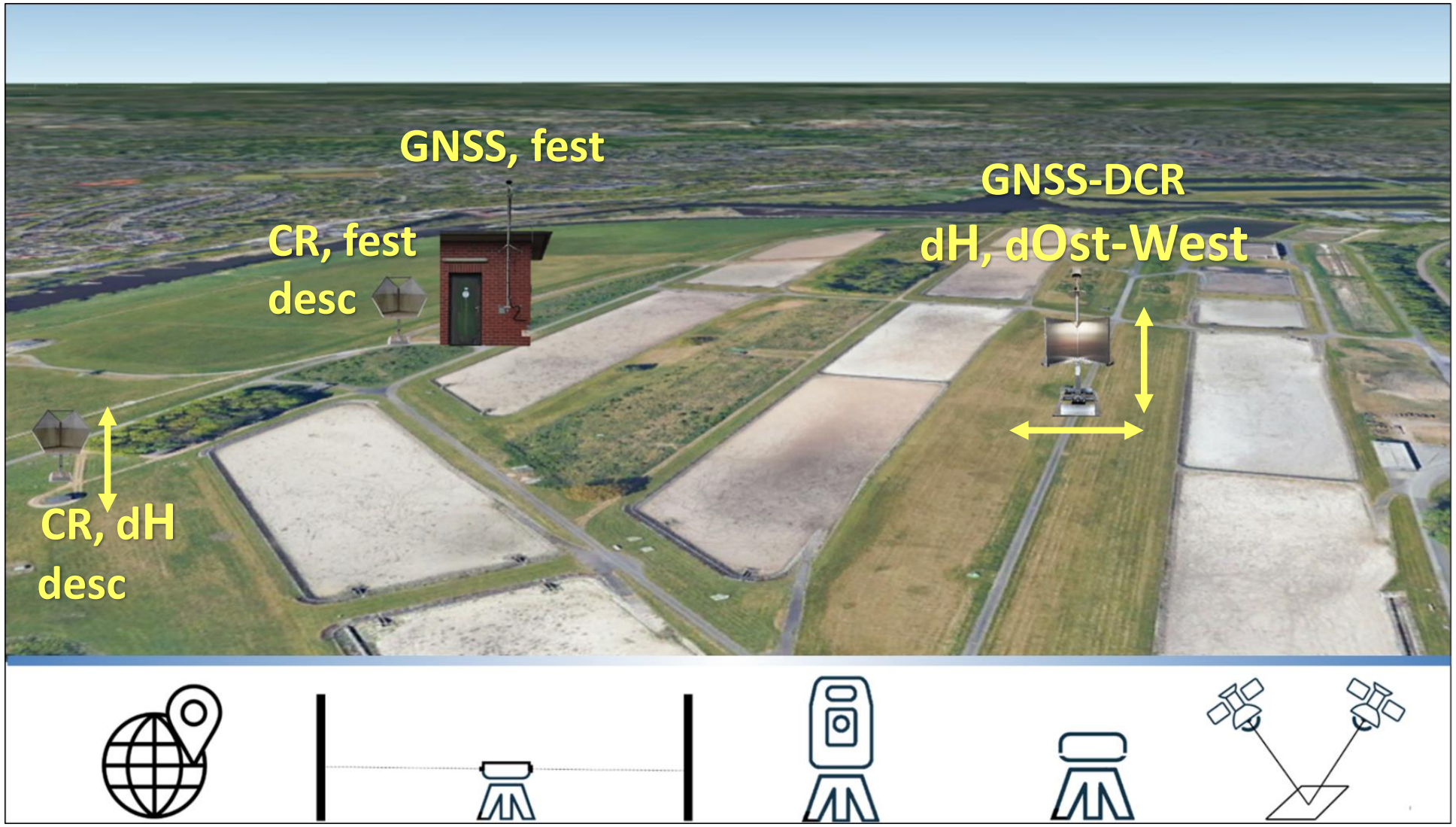
- Beispiel Alpin-Center Bottrop (siehe Spreckels: BBD-Workshop 2022)



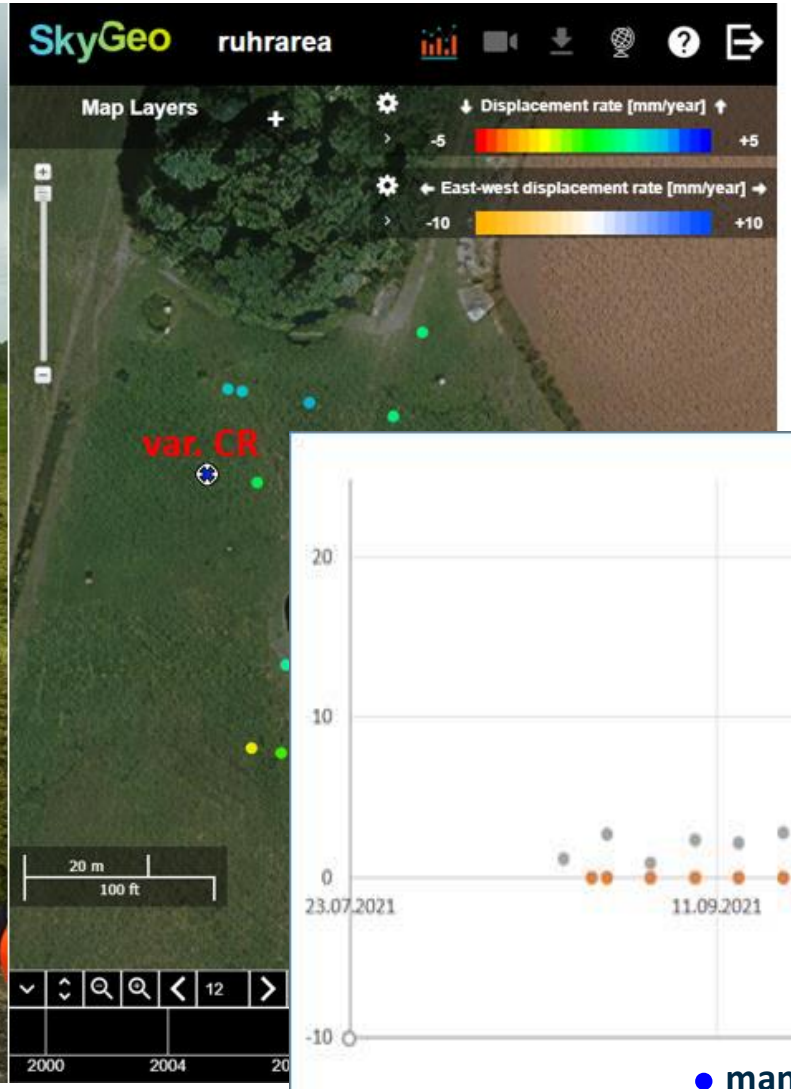
„Maßstabsproblem“ durch unterschiedliche Ansätze / Parametrisierung der Auswertungen

4 Auswertungen liefern 4 unterschiedliche Ergebnisse!

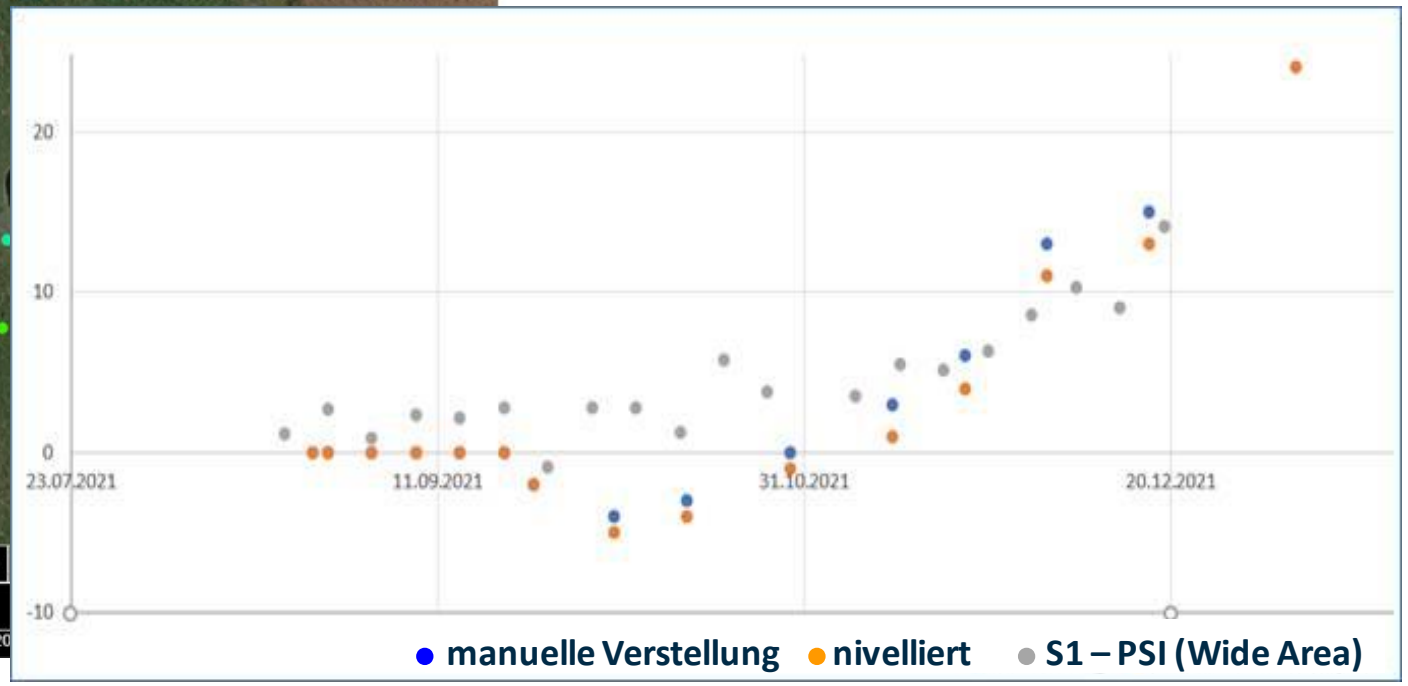
Ansatz: Validier-Feld mit verstellbaren Corner-Reflektoren



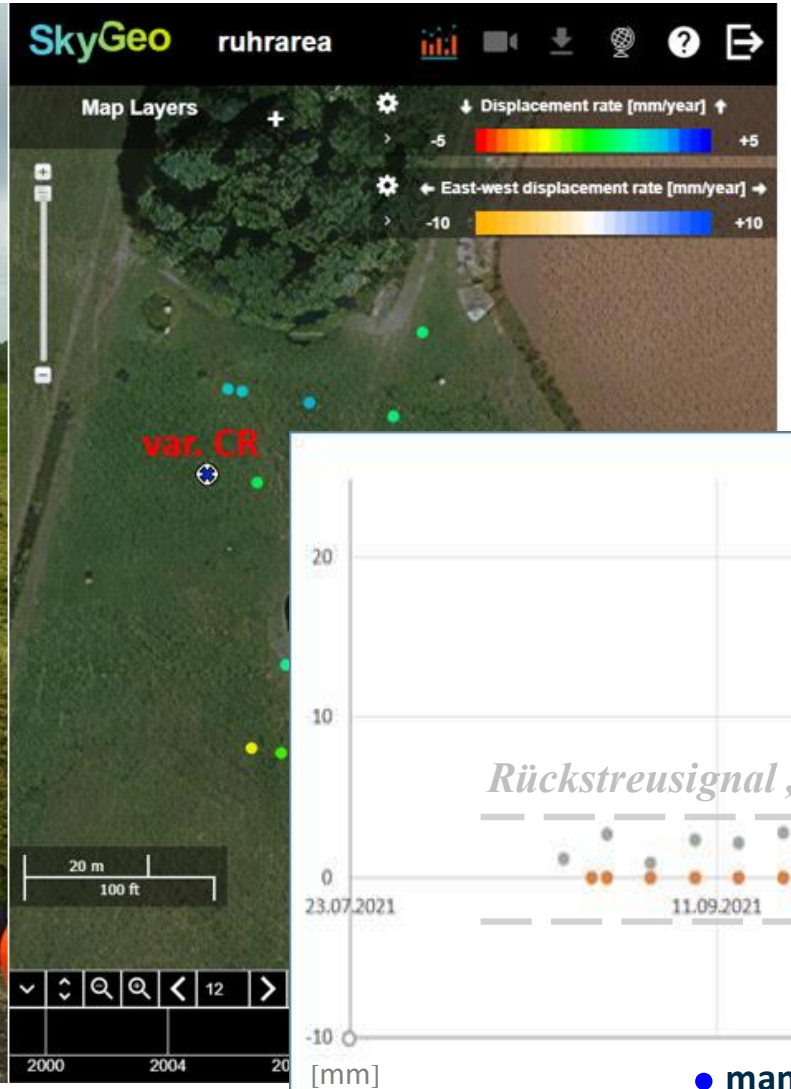
Ansatz: Validier-Feld mit verstellbaren Corner-Reflektoren



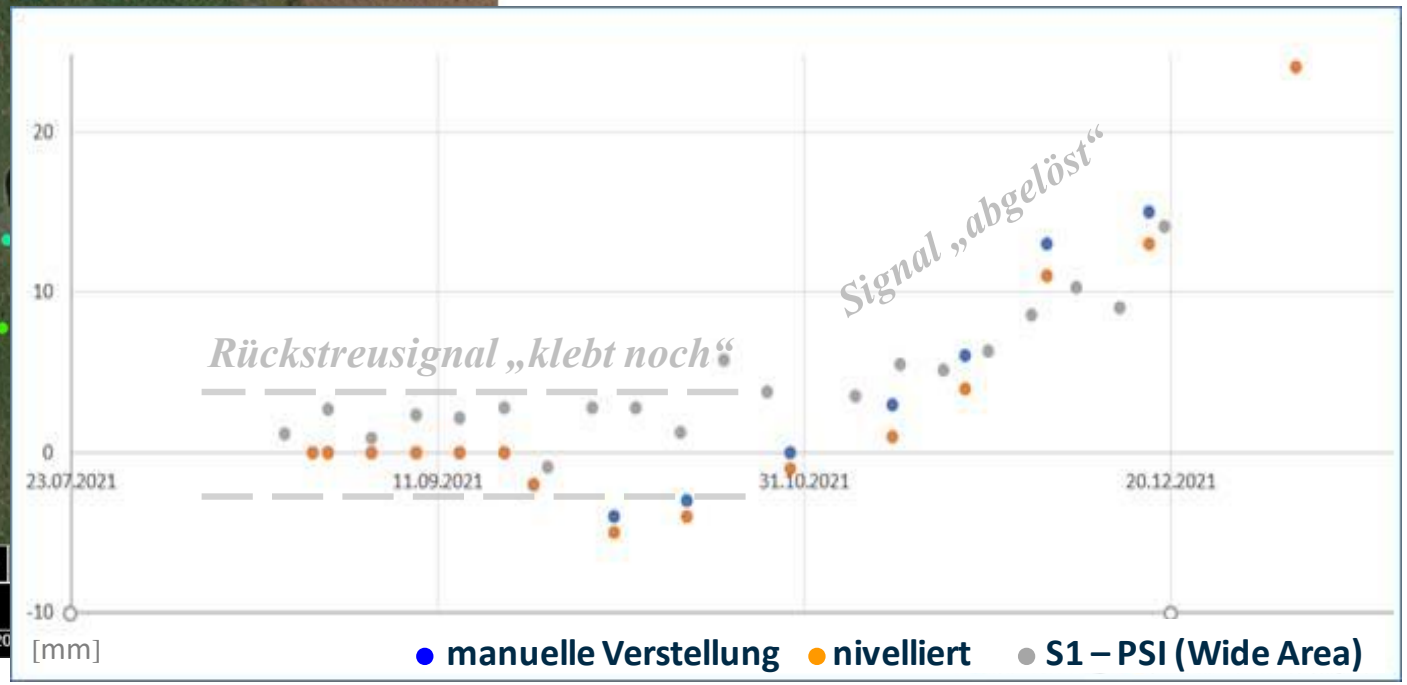
Zeitreihendarstellung:
- Manuelle Höhenverstellung
- Kontrollmessung (Nivellement)
- InSAR-Auswertung (Sentinel-1, Wide Area)



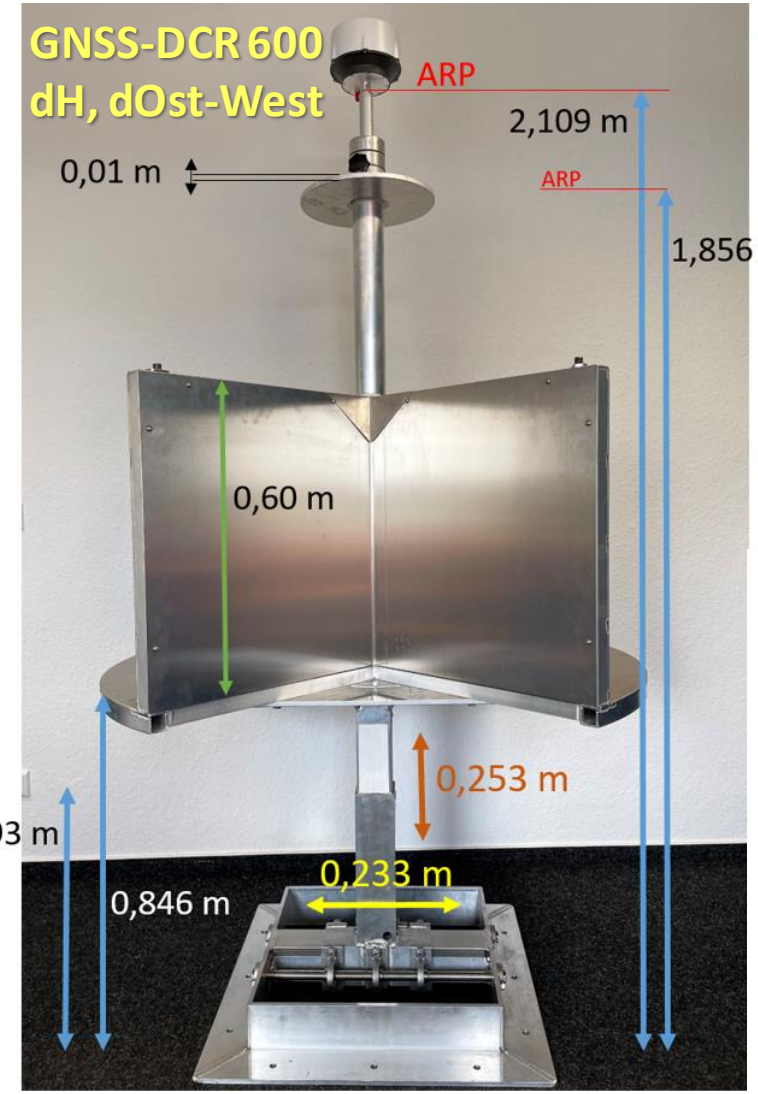
Ansatz: Validier-Feld mit verstellbaren Corner-Reflektoren



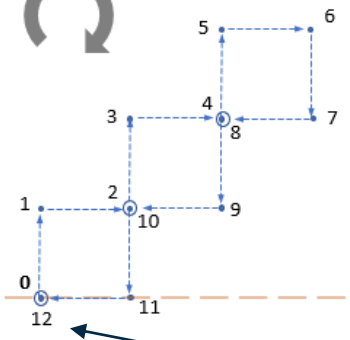
Zeitreihendarstellung:
- Manuelle Höhenverstellung
- Kontrollmessung (Nivellement)
- InSAR-Auswertung (Sentinel-1, Wide Area)



Ansatz: Validier-Feld mit verstellbaren Corner-Reflektoren



WGE2
-**im** Uhrzeigersinn, [cm]

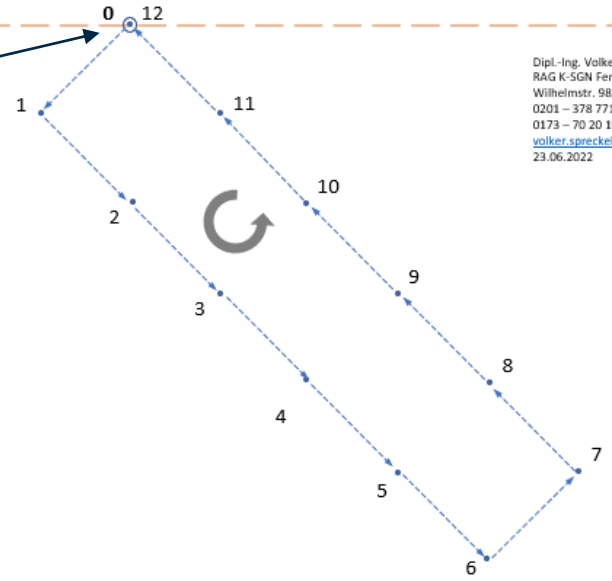


Zeit	Einstellung (Skalen) Höhe	West-Ost
0	10	10
1	11	10
2	11	11
3	12	11
4	12	12
5	13	12
6	13	13
7	12	13
8	12	12
9	11	12
10	11	11
11	10	11
12	10	10

WGE3
-**gegen** Uhrzeigersinn [cm]

Zeit	Einstellung (Skalen) Höhe	West-Ost
0	10	10
1	9	9
2	8	10
3	7	11
4	6	12
5	5	13
6	4	14
7	5	15
8	6	14
9	7	13
10	8	12
11	9	11
12	10	10

„Closed Loops“



Dipl.-Ing. Volker Spreckels
RAG K-SGN Fernerkundung
Wilhelmstr. 98, 44649 HER
0201 – 378 7716
0173 – 70 20 197
volker.spreckels@rag.de
23.06.2022

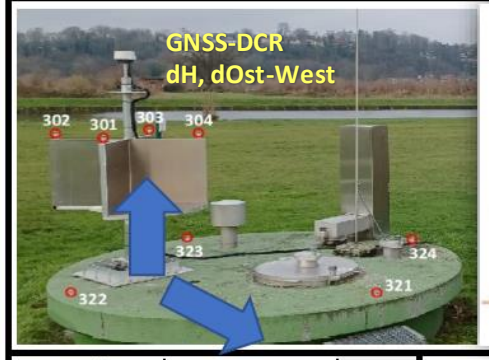
„Validierungs-Felder“ können eigene, EU- und deutschlandweite Dienste genau, verlässlich und vergleichbar machen!

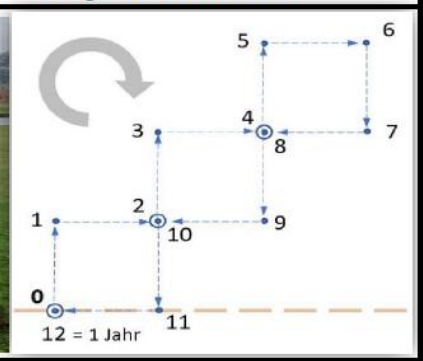
-> Das „Maßstabsproblem“ wäre gelöst.

-> Auswertungen und diverse Sensoren könnten zusammen bewertet werden.

Ansatz: Validier-Feld mit verstellbaren Corner-Reflektoren

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





CR 2 ab 2023

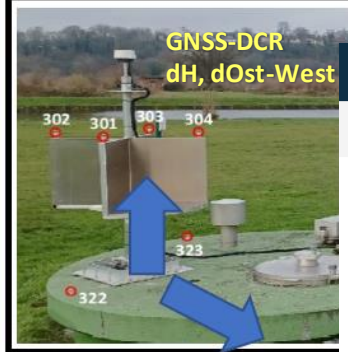
Verstellung (Planung)	Datum	PNr.	32365 East [m]	5699 North [m]	Höhe [m ü. NHN]	Höhe [m ü. NHN]
0	16.01.2023 (Nullmessung)	301	661,387	673,538	57,673	56,274
		302	660,638	673,544	57,672	
		303	660,646	674,348	57,676	
	20.01.2023 (2. Nullmessung)	304	661,394	674,343	57,678	

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]
5mm ↑ 1	20.01.2023	301	1mm	1mm	5mm	5mm	5mm
		302	0mm	-1mm	5mm		
		303	0mm	0mm	5mm		
		304	0mm	0mm	5mm		
5mm → 2	16.02.2023	301	6mm	-1mm	5mm		
		302	6mm	-2mm	4mm		
		303	6mm	-1mm	5mm		
		304	6mm	-1mm	6mm		

Ansatz: Validier-Feld mit verstellbaren Corner-Reflektoren

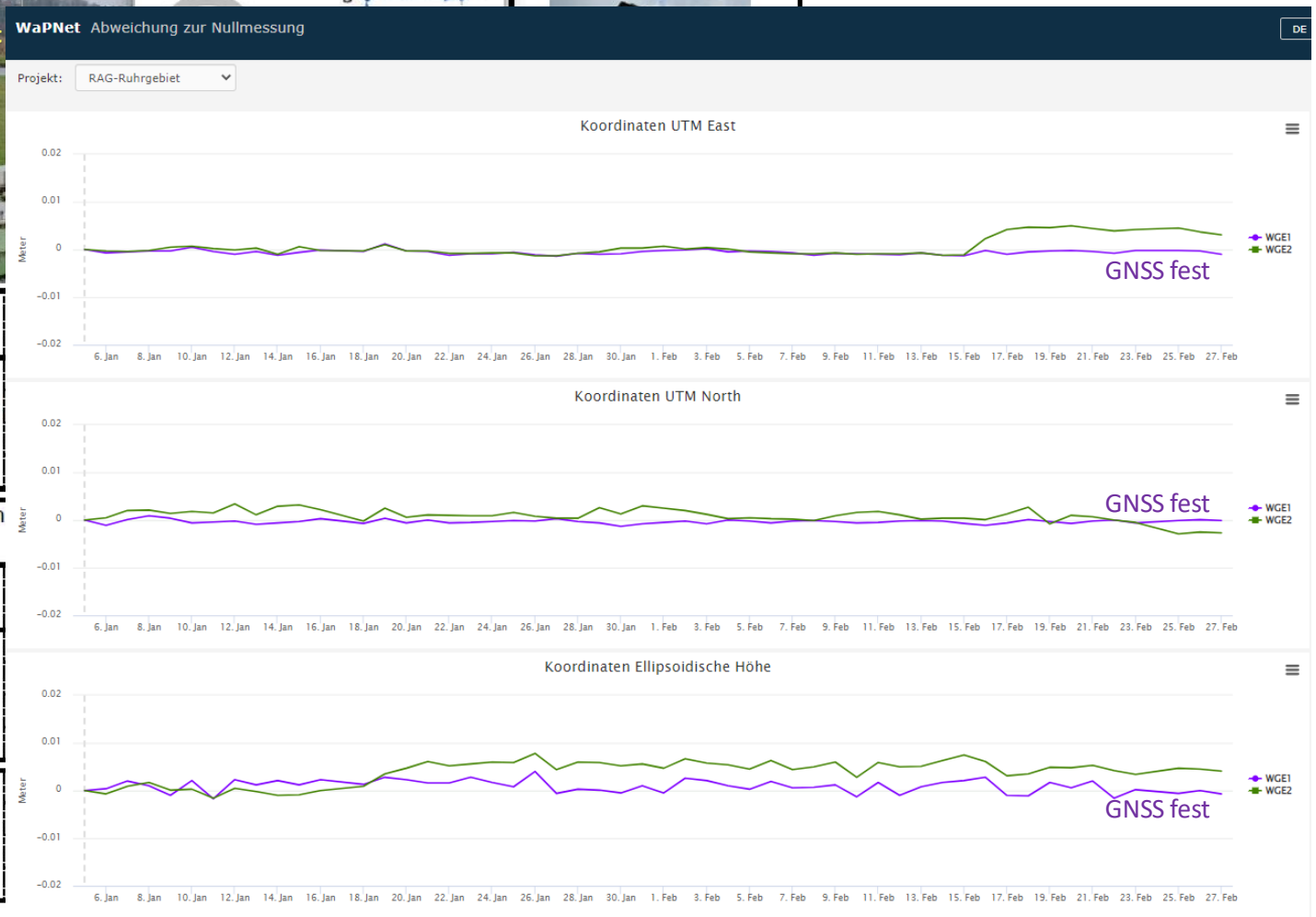
GB-Nr.: 2023-VE-0032 | Gemessene Verstellwerte CR3 2023 Wassergewinnung Essen-Überruhr | CR 2 ab 2023



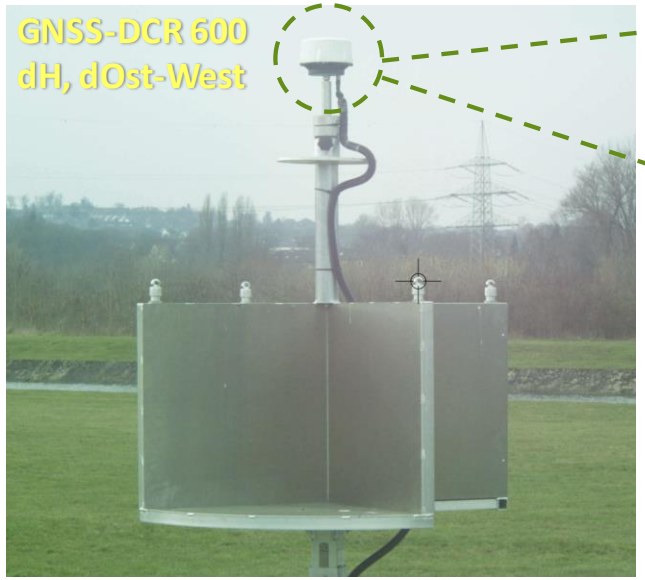
Verstellung (Planung)	Datum
0	16.01.2023 (Nullmessung) 20.01.2023 (2. Nullmessung)

Die Änderungen berechnen

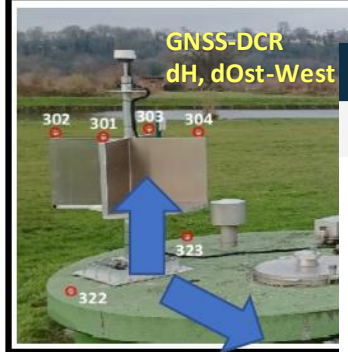
Verstellung (Planung)	Datum
1 5mm ↑	20.01.2023
2 5mm →	16.02.2023



Ansatz: Validier-Feld mit verstellbaren Corner-Reflektoren



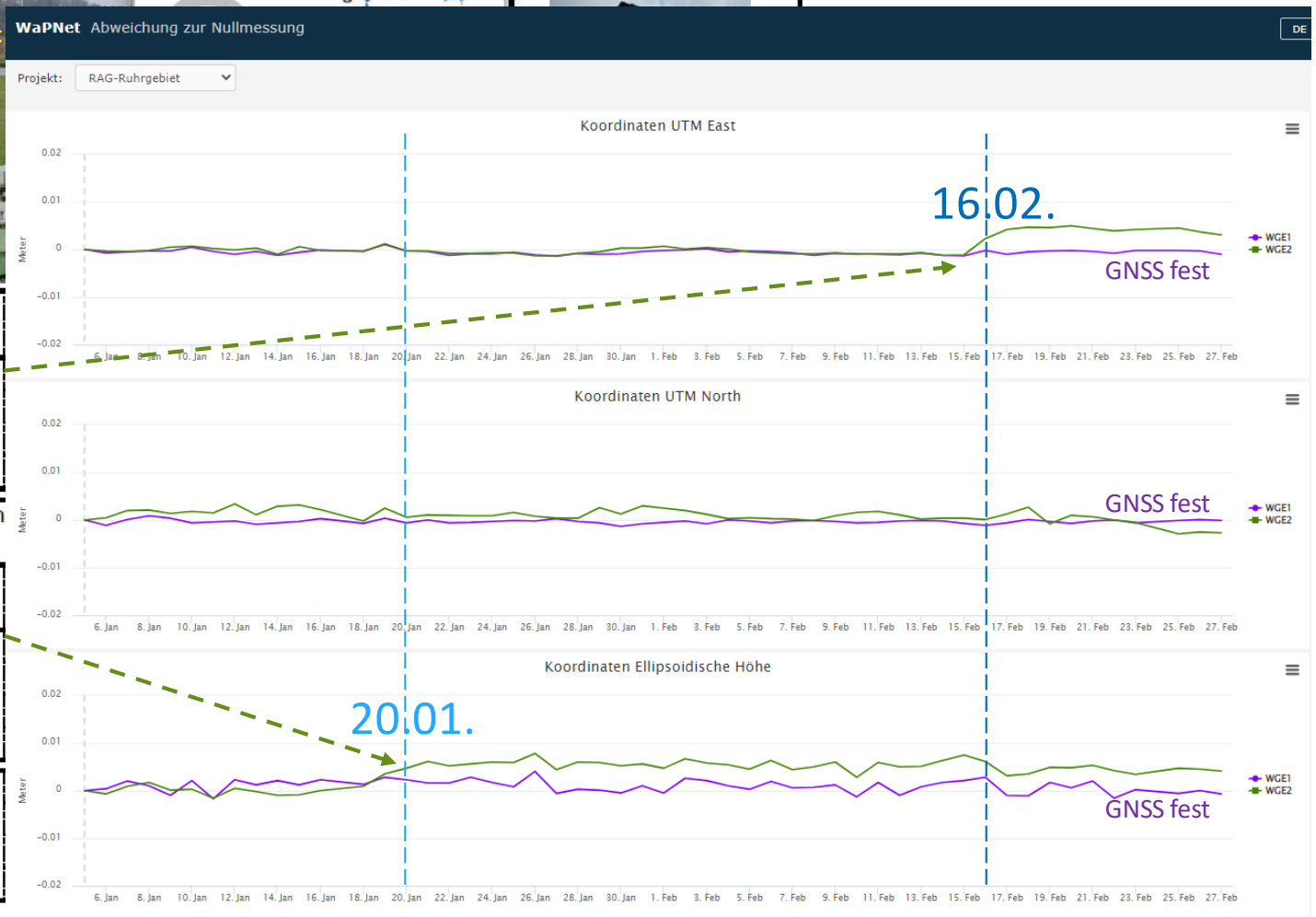
GB-Nr.: 2023-VE-0032	Gemessene Verstellwerte CR3 2023 Wassergewinnung Essen-Überruhr	CR 2 ab 2023



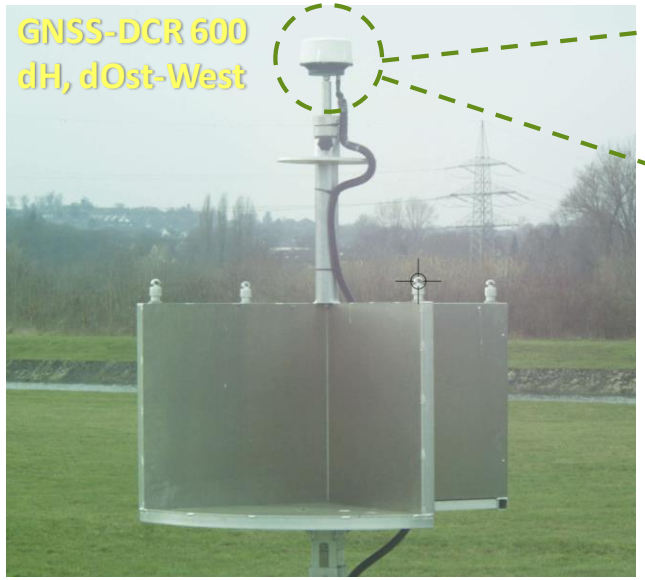
Verstellung (Planung)	Datum
0	16.01.2023 (Nullmessung) 20.01.2023 (2. Nullmessung)

Die Änderungen berechnen

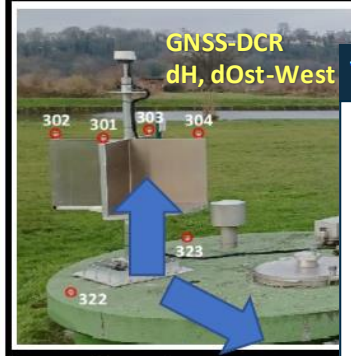
Verstellung (Planung)	Datum
1 5mm ↑	20.01.2023
2 5mm →	16.02.2023



Ansatz: Validier-Feld mit verstellbaren Corner-Reflektoren



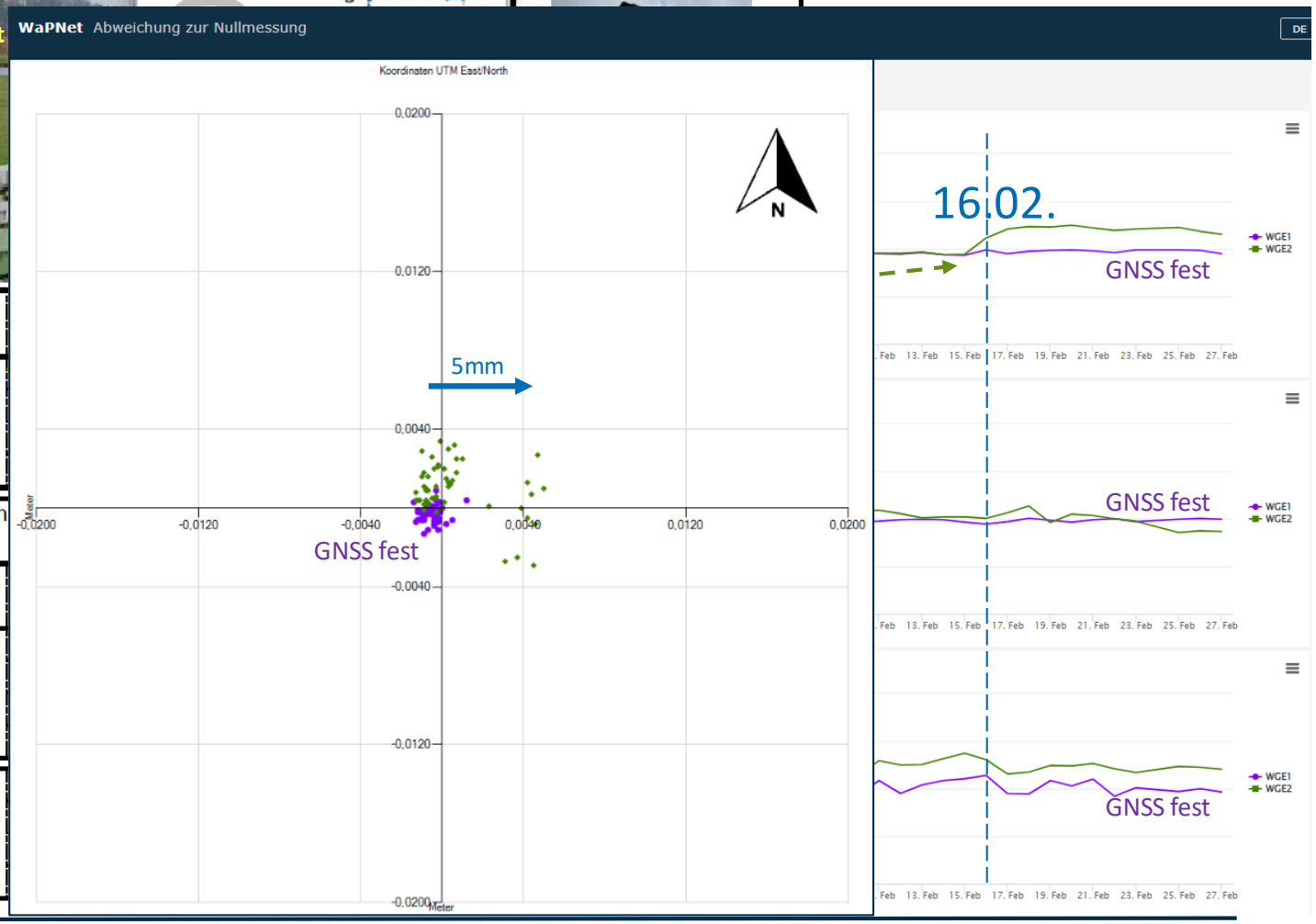
GB-Nr.: 2023-VE-0032	Gemessene Verstellwerte CR3 2023 Wassergewinnung Essen-Überruhr	CR 2 ab 2023



Verstellung (Planung)	Datum
0	~~16.01.2023~~ (Nullmessung) 20.01.2023 (2. Nullmessung)

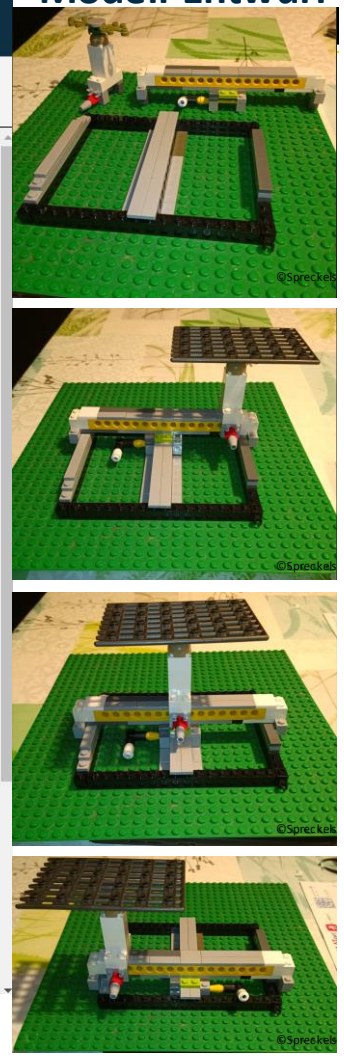
Die Änderungen berechnen

Verstellung (Planung)	Datum
1 5mm ↑	20.01.2023
2 5mm →	16.02.2023



Ansatz: Validier-Feld mit verstellbaren Corner-Reflektoren

Modell-Entwurf



Gelegenheit zu Fragen, Diskussion und Erfahrungsaustausch

Dr. Frank Knospe
frank.knospe@amt62.essen.de

Dr. Martin Krückhans
martin.krueckhans@amt62.essen.de

Volker Spreckels
volker.spreckels@rag.de

Michael Schulz
michael.schulz@allsat.de

Florian Schäfer
florian.schaefer@allsat.de

Jürgen Rüffer
juergen.rueffer@allsat.de