

KAIMONITORING

DAS MONITORINGPORTAL (MONI) DER HPA UND DER INKLINOMETERWAGEN



Ein smartes System zur Überwachung unserer Kaianlagen

Agenda

01

Monitoring von Kaimauern
Warum denn das?

02

Wie alles begann
Pilotprojekt Salzgitterkai

03

Visualisierung von Messergebnissen
Das Monitoringportal

04

Mobiles Messen von Spundwänden
Der Inklinometerwagen

05

Und wie geht es weiter?
Ein Ausblick

06

Live-Schalte

Monitoring von Kaimauern

Warum denn das?

01

01 Monitoring von Kaimauern – Warum denn das?



Hachmannkai; Jahr 2017

- Viele Kaimauern im Hafen weisen Beschädigungen auf
→ Standsicherheit kritisch
- Betrieb aufrechterhalten → Kaimonitoring
- Sowohl dauerhafte als auch temporäre Monitoringsysteme
- Auswertung von Ergebnissen komplex und zeitaufwendig
- Auswertung und Analysen sehr wichtig → Handlungsbedarfe frühzeitig identifizieren

Wie alles begann

Pilotprojekt Salzgitterkai

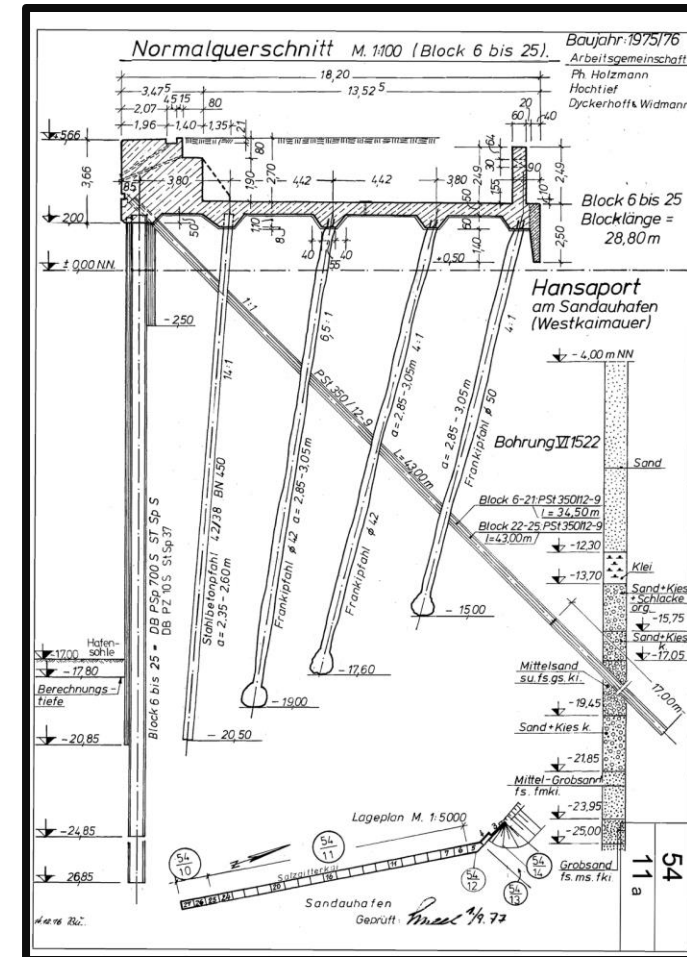
02

02 Wie alles begann – Pilotprojekt Salzgitterkai?



02 Wie alles begann – Pilotprojekt Salzgitterkai?

- Salzgitterkai weist einen kritischen Zustand auf → Deformation der Spundwand in Teilbereichen bereits aufgetreten
- Aufbau eines Geosensornetzwerks mit Alarmierungen
- Keine vermessungstechnischen Standardlösungen anwendbar (vor allem unter Wasser)



02 Wie alles begann – Pilotprojekt Salzgitterkai?

Messung folgender Parameter:

- Neigungsänderung der Kaimauer in den deformierenden Bereichen
- Erdbewegung hinter der Kaimauer
- Sammeln und Visualisierung der Daten auf einem Sever

Ablauf in 3 Phasen

- Handinklinometermessung
- Installation des Geosensornetzwerks
- Ende 2020 – Erweiterung des Monitorings um 8 Blöcke

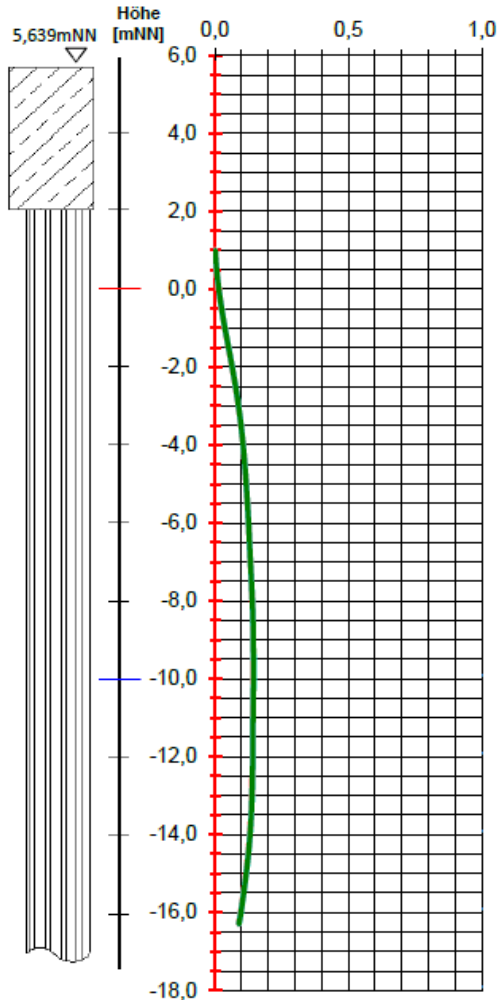
02 Wie alles begann – Pilotprojekt Salzgitterkai?

Installation der Vorrichtung für die Handinklinometermessungen



02 Wie alles begann – Pilotprojekt Salzgitterkai?

Auswertung der Handinklinometermessungen



Messgenauigkeit der Messsonde: $\pm 0,1\text{mm}$ je Messschritt
Abgeschätzter Messfehler Richtung A: $\pm 0,5\text{mm}$ / B: $\pm 2\text{mm}$

- Messung mit Handinklinometer:
 - Messschritte: 50 cm
 - Messstrecke: + 1,00 m NN bis OK Hafensohle
 - Messung in beiden Richtungen (X und Y)
- Generierung Biegelinie
- Vergleich der Folgemessung

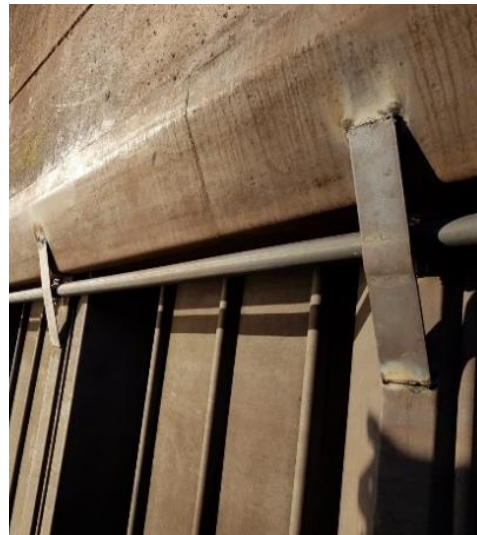
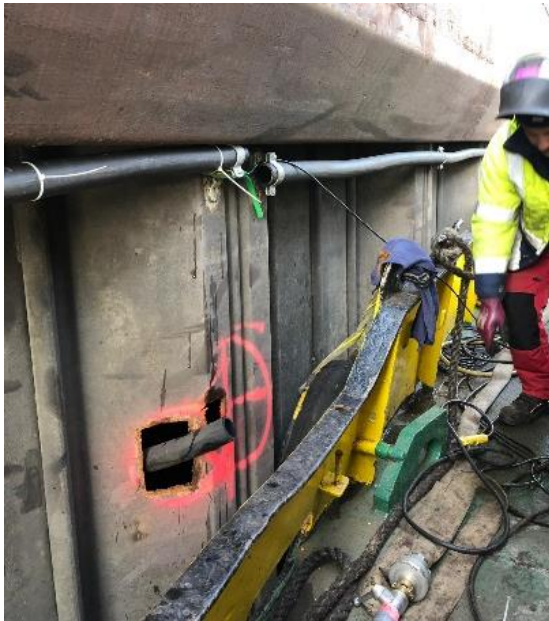
NMGD
Vertikalneigungsmesser



Abb.: Verlängerung v

02 Wie alles begann – Pilotprojekt Salzgitterkai?

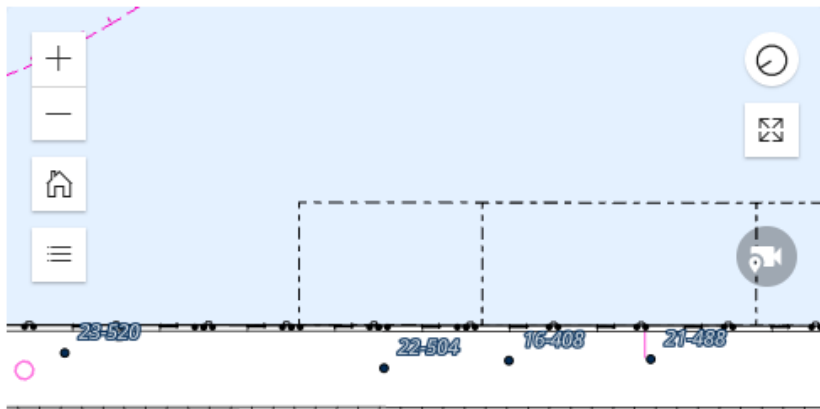
Installation Gesamtgeosensornetzwerk



Visualisierung von Messergebnissen

Das Monitoringportal

03



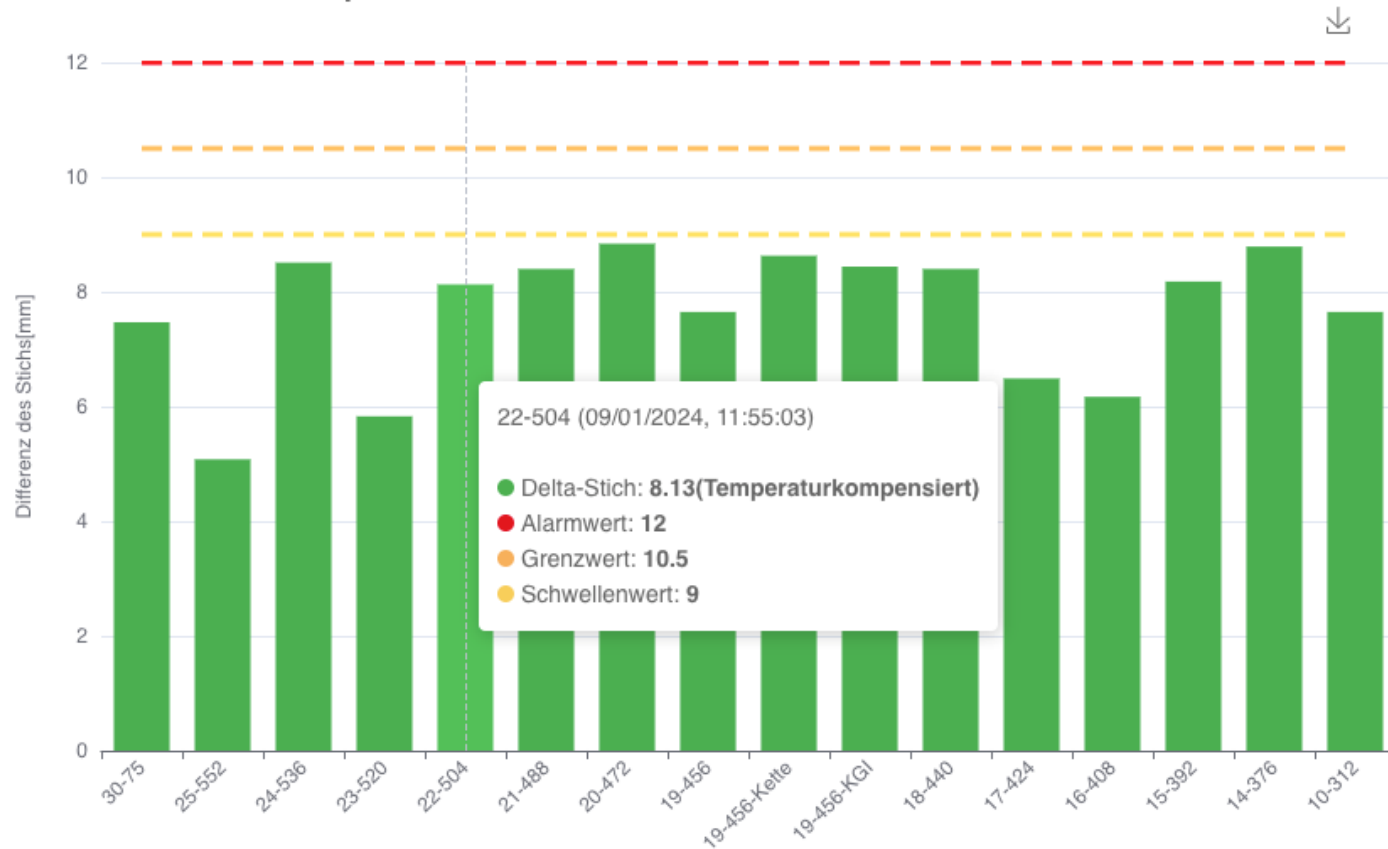
Powered by Esri

Sensoren

Status	Sensor	Block Nr ↓	Station	Aktionen
(•)	KI-30-15m	30	75	
(•)	KI-30-10m-T	30	75	
(•)	KI-30-5m-T	30	75	
(•)	KI-30-10m	30	75	
(•)	KI-30-5m	30	75	
(•)	KI-30-15m-T	30	75	

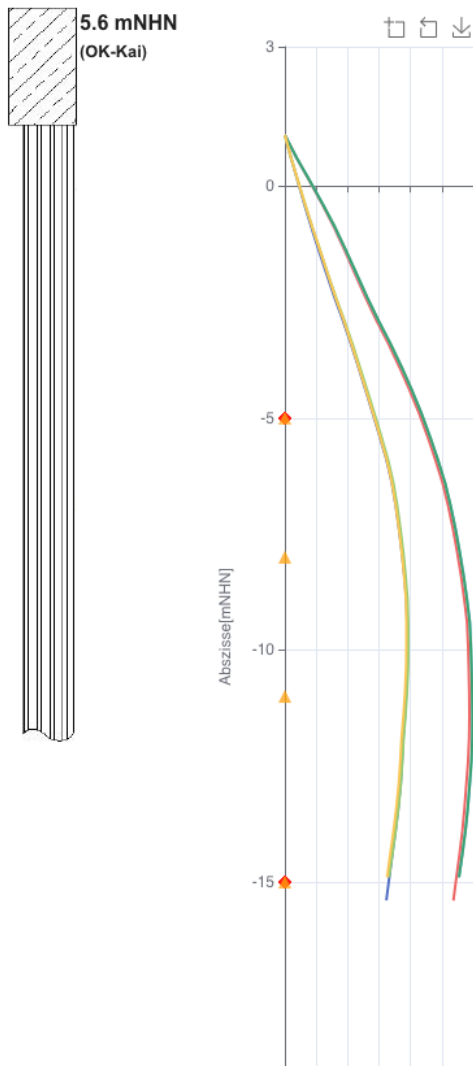
DIAGRAMM KONFIGURIEREN ⚙️

Aktuelle Stichdifferenz pro Station

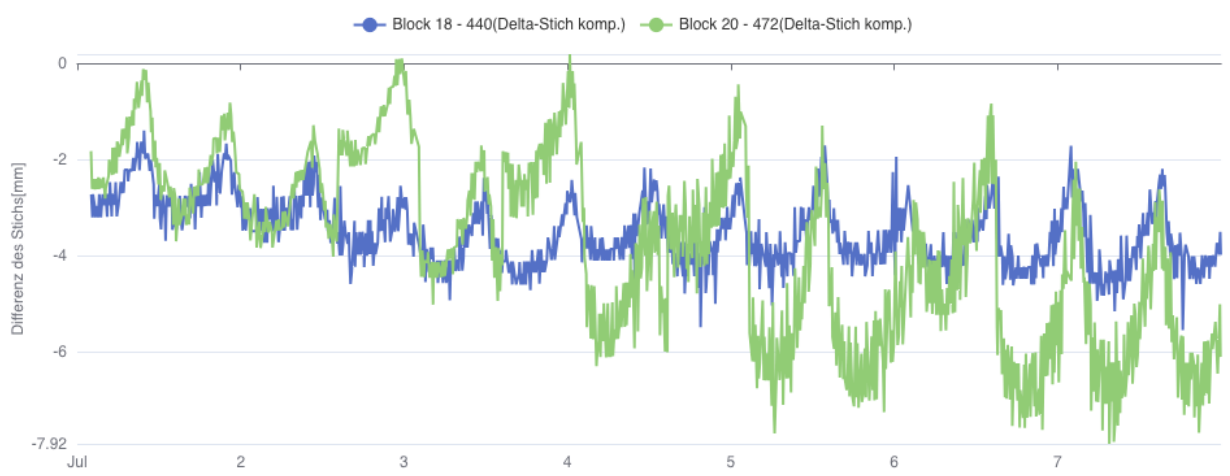


Block: Block 20, Block 18 | Station: Block 20 - 472, Block 18 - 440 | Datentyp: Stich | Messwerttyp: Delta-Stich, Temperatur | Zeitraum: 07.02.2024 - 14.02.2024

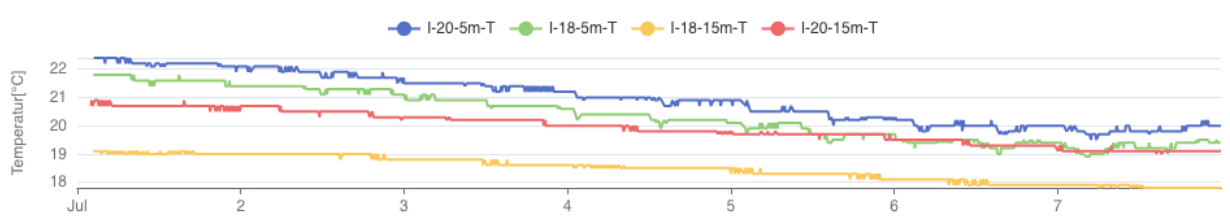
- 🔍
- 📊
- 🔔
- 📶



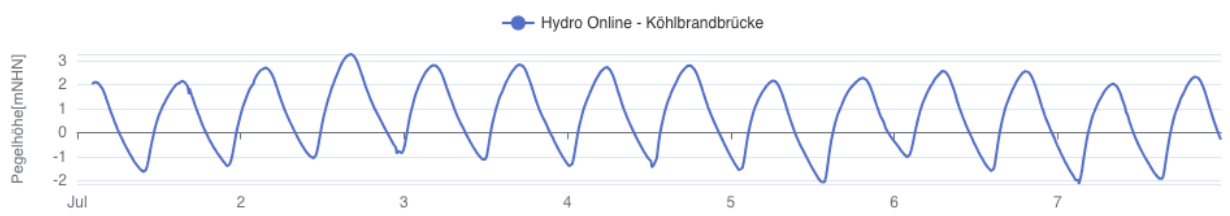
Inklinometer



Temperatur



HydroOnline-Pegel



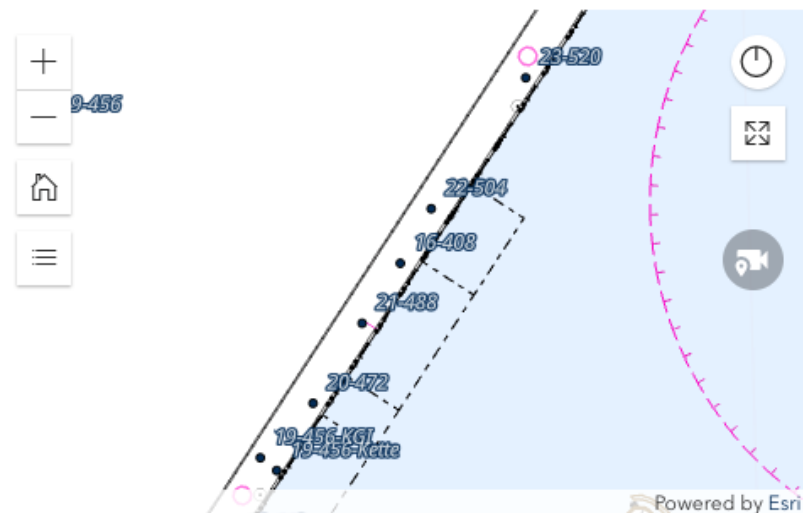


ECHTZEIT-INKLINOMETER

ECHTZEIT-EXTENSOMETER

MANUELLE TACHYMETRIE

HANDMESSUNGEN

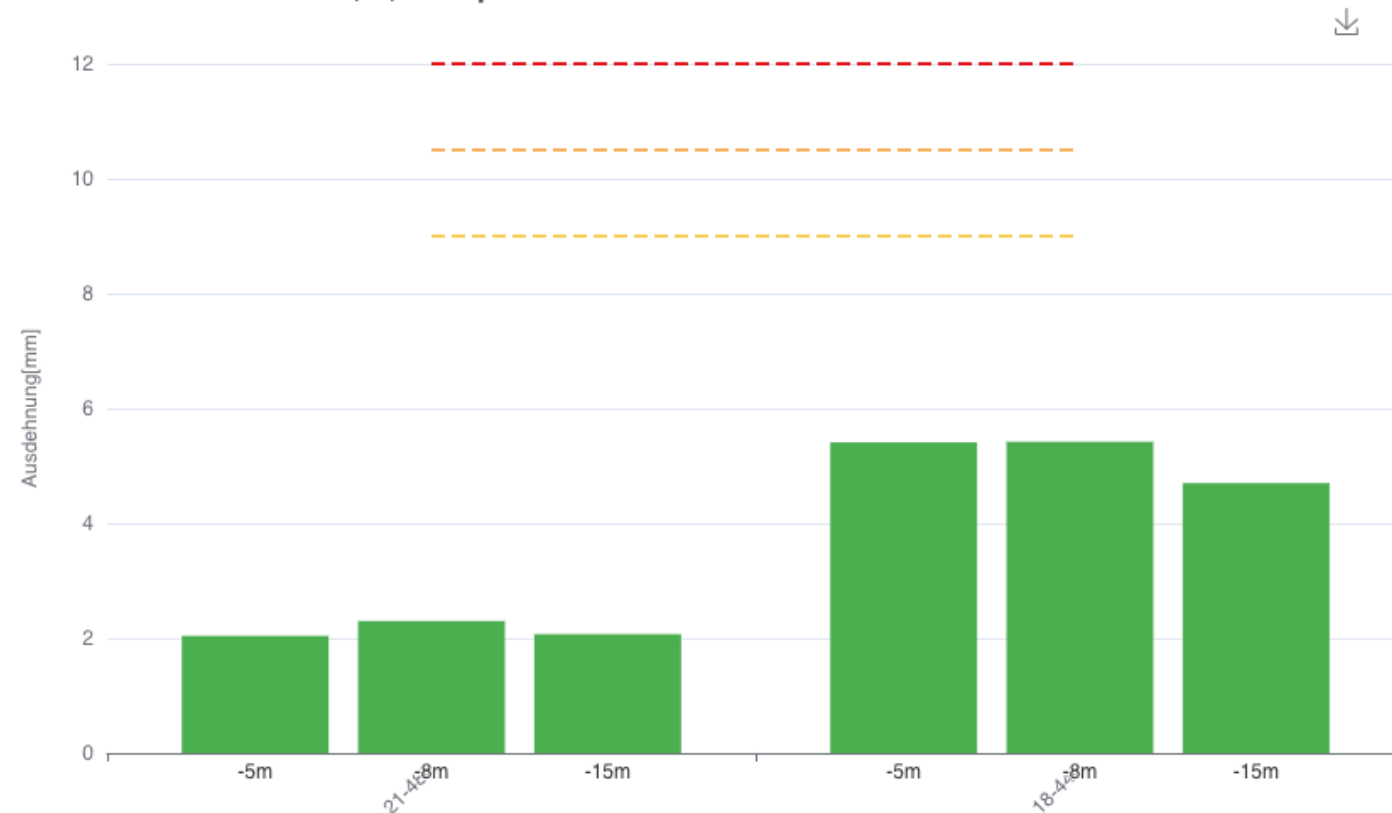


Sensoren

Status	Sensor	Block Nr ↓	Station	Aktionen
	E-21-5m	21	488	
	E-21-8m	21	488	
	E-21-11m	21	488	
	E-21-15m	21	488	
	E-18-8m	18	440	
	E-18-5m	18	440	

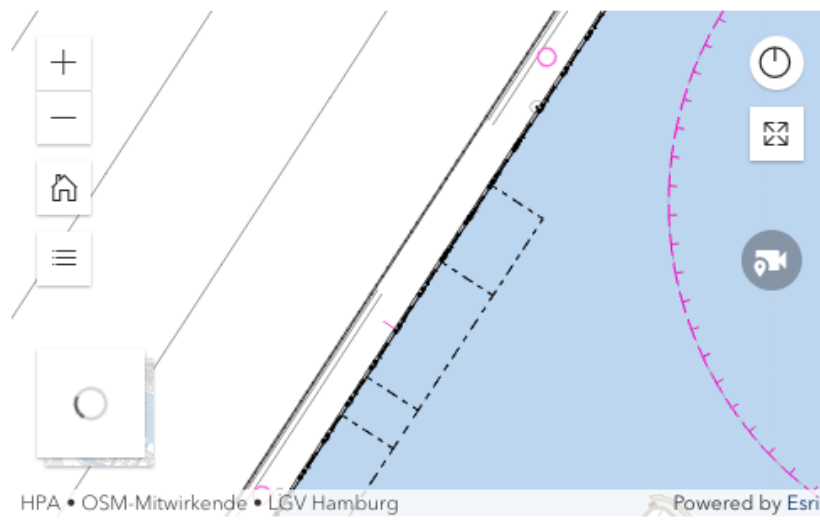
DIAGRAMM KONFIGURIEREN

Aktueller Sensorwert -5,-8,-15m pro Station



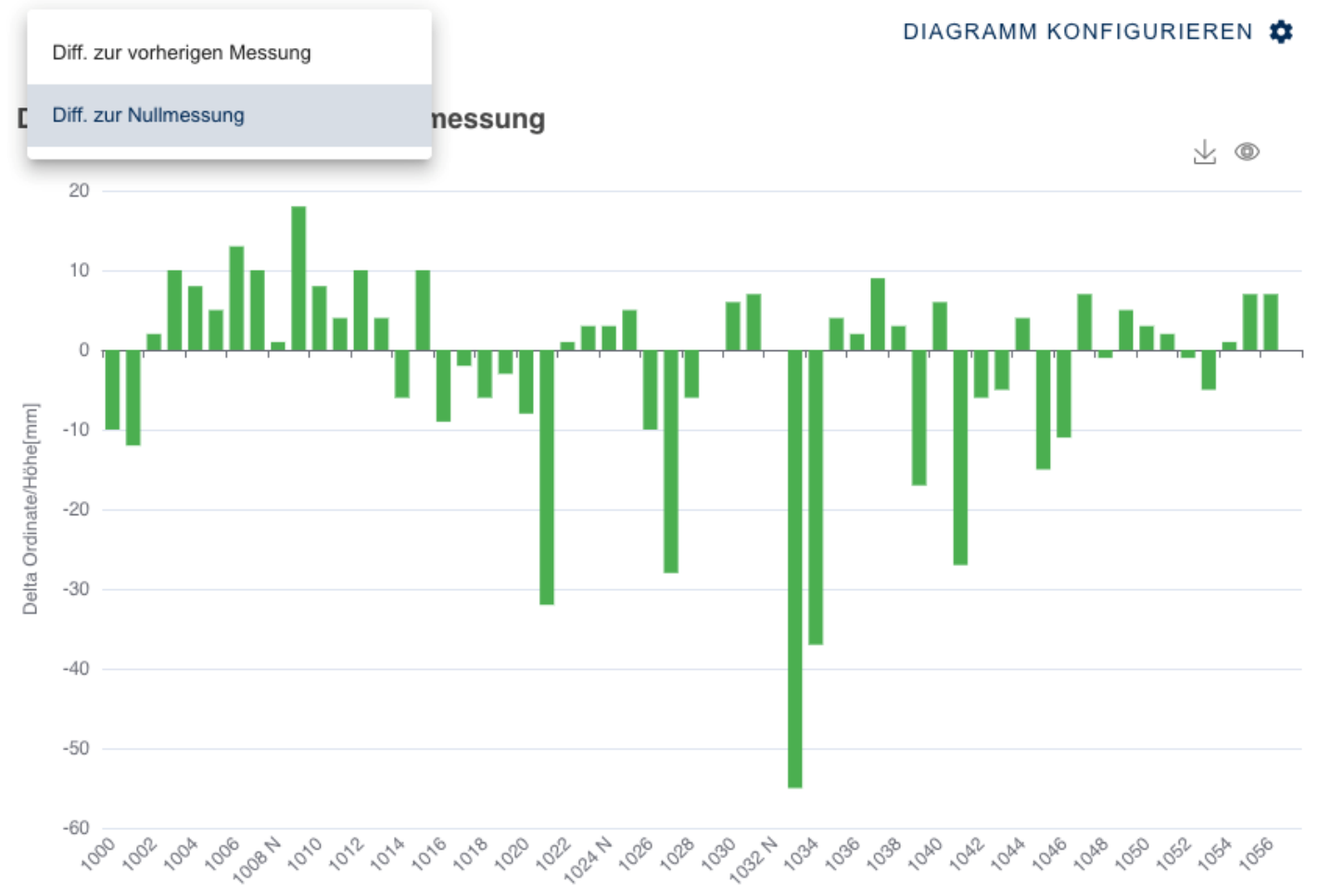


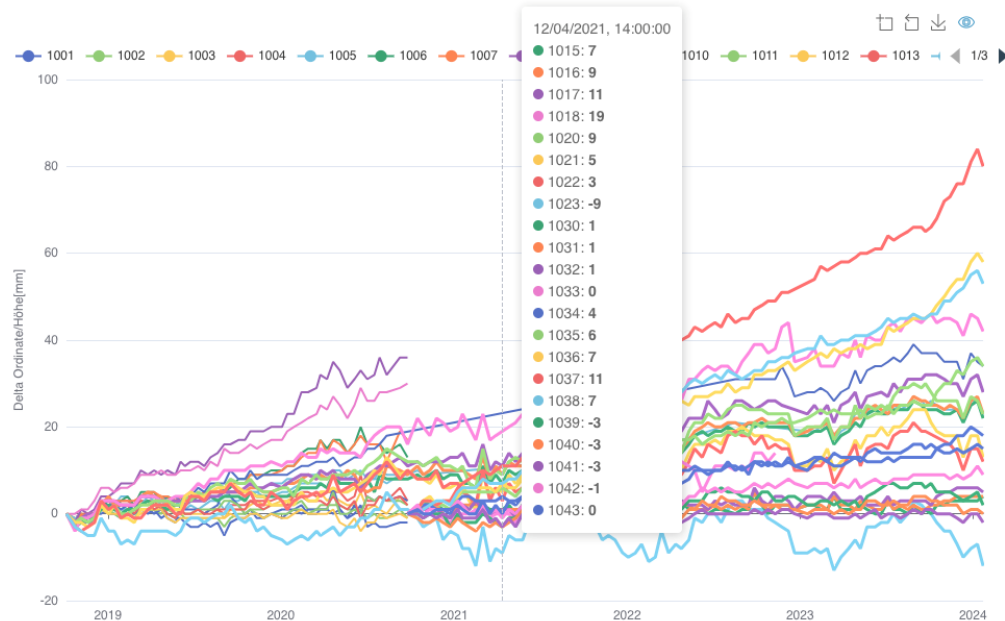
← ECHTZEIT-INKLINOMETER ECHTZEIT-EXTENSOMETER MANUELLE TACHYMETRIE HANDMESSUNGEN →



Typ Ordinate Messung 20/09/2023 (21)

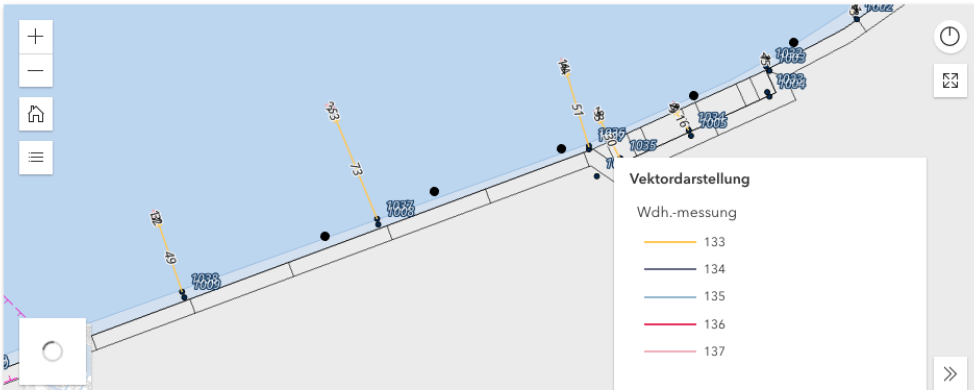
Objektpunkt	Diff. zur vorherigen Messung[mm] (10/03/2023 - 30/03/2023)	Diff. zur Nullmessung[mm] (22/03/2011 - 11/05/2011)
1000	-11	-10
1001	-11	-12
1002	0	2
1003	4	10
1004	3	8





Anzahl letzte Messungen:

Vektorenmaßstab 1:



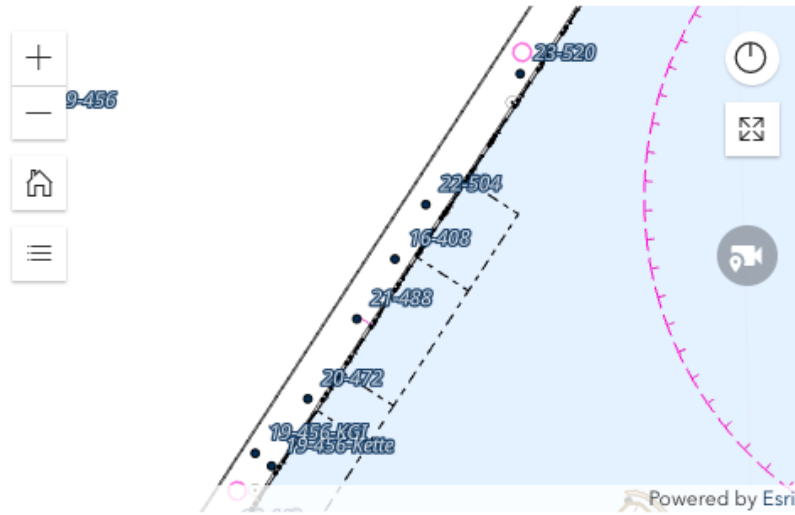
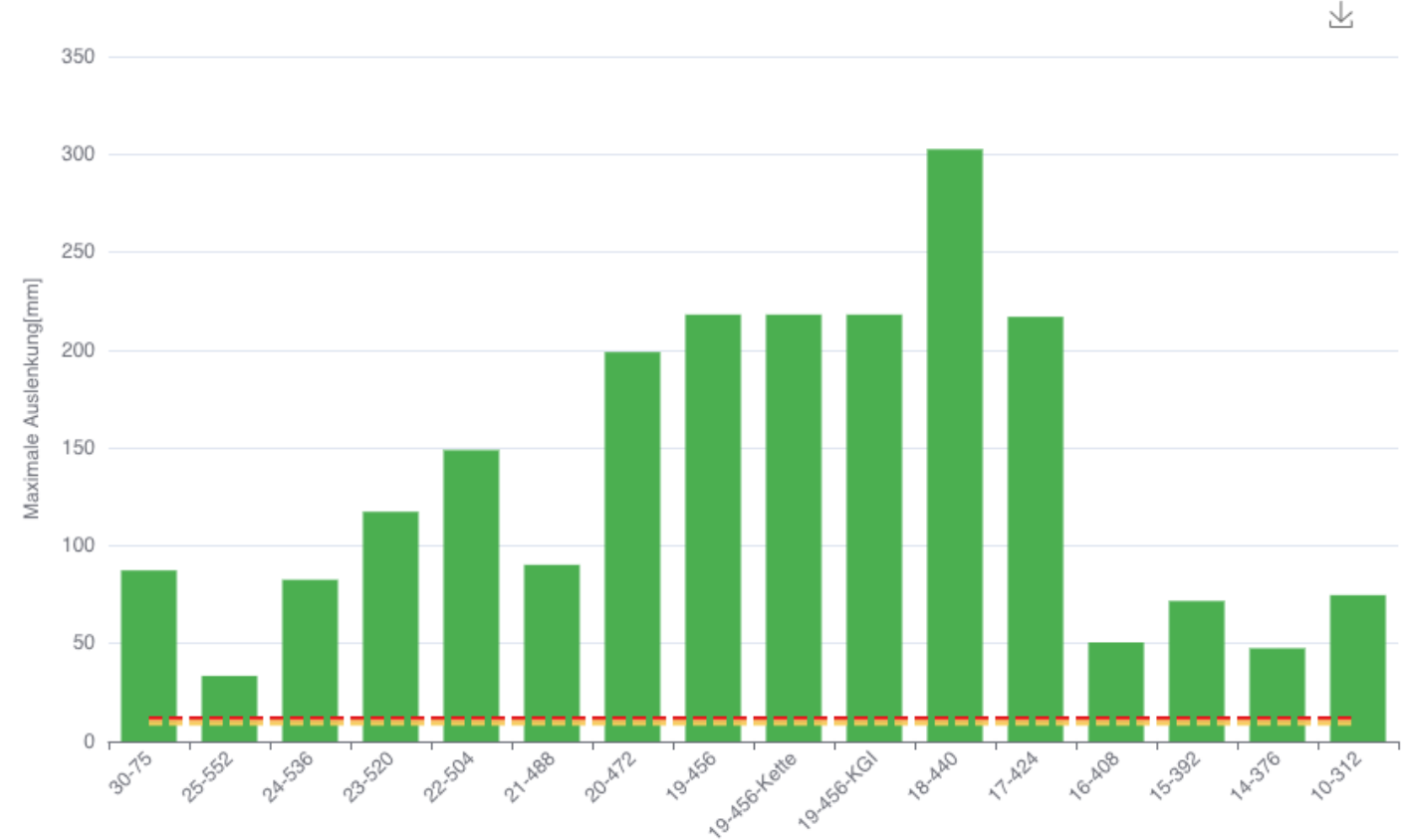


DIAGRAMM KONFIGURIEREN

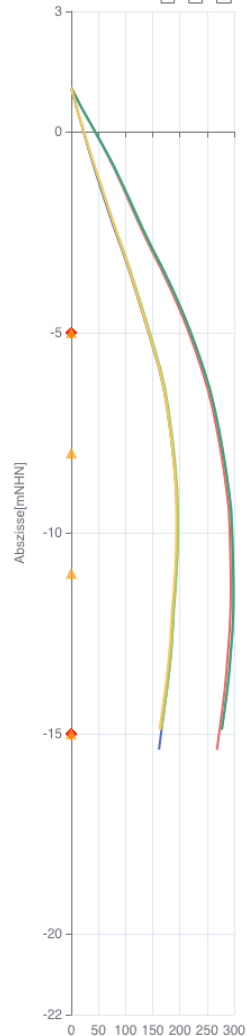
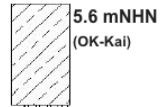
Maximum der letzten Handmessung pro Station



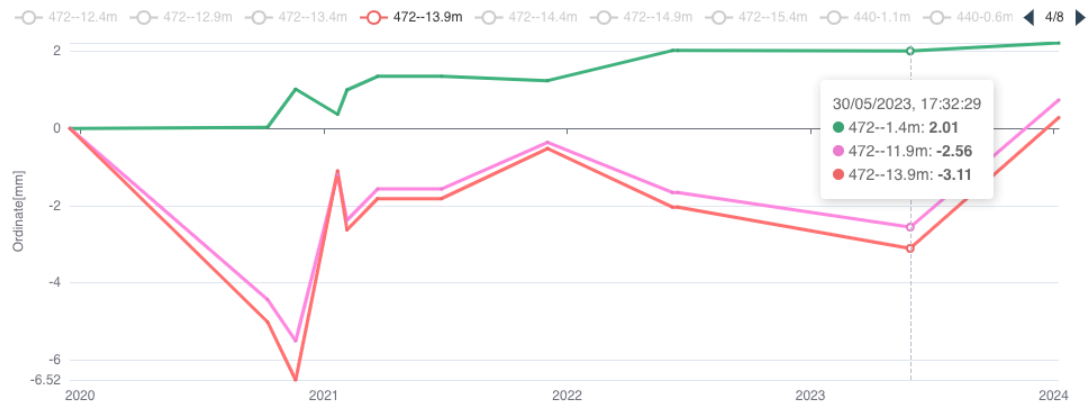
Letzte Handmessungen

Block - Station	Maximum[mm]	Diff. zur vorherigen Messung[mm]	Diff. zur Nullmessung[mm]
30 - 75	87.37	0.00	0.00
25 - 552	33.49	0.00	0.00
24 - 536	82.61	0.00	0.06
23 - 520	117.33	0.00	0.00

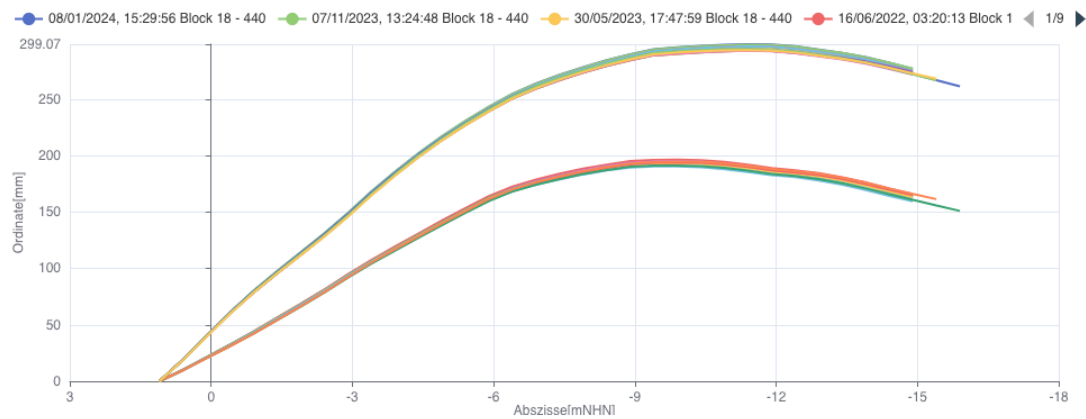
Block: Block 20 Block 18
 Station: Block 20 - 472 Block 18 - 440
 Datentyp: Stich
 Messwerttyp: Handmessung
 Zeitraum: 07.02.2024 - 14.02.2024



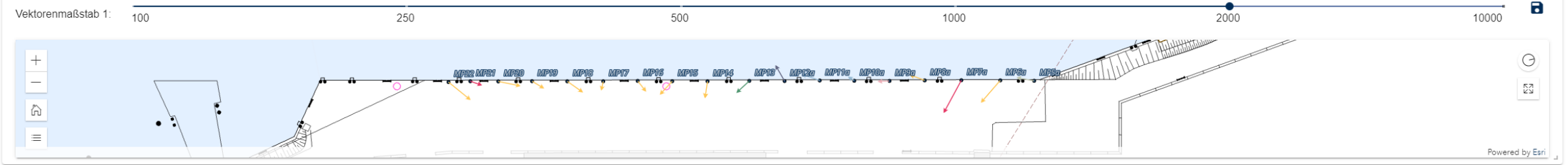
Handmessung Delta-Max



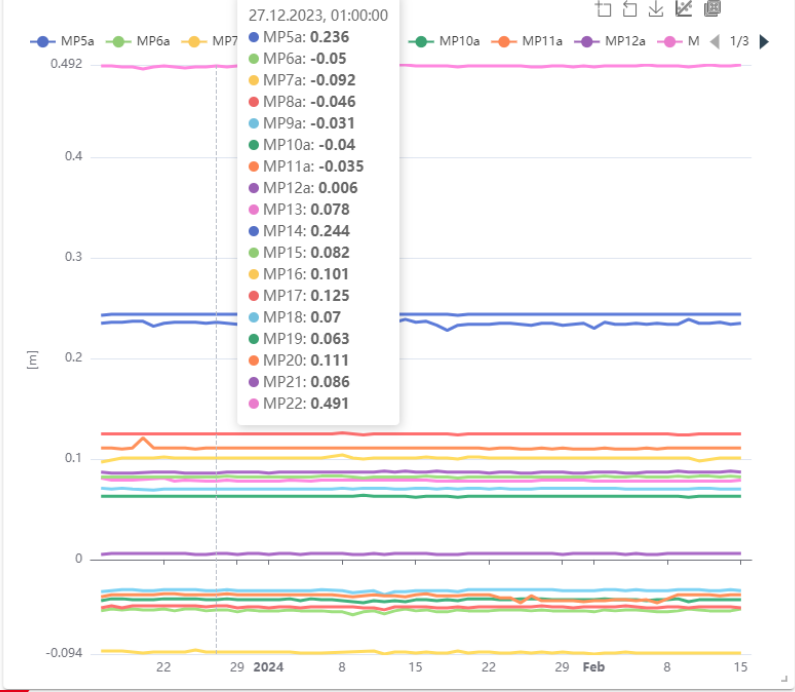
Handmessung



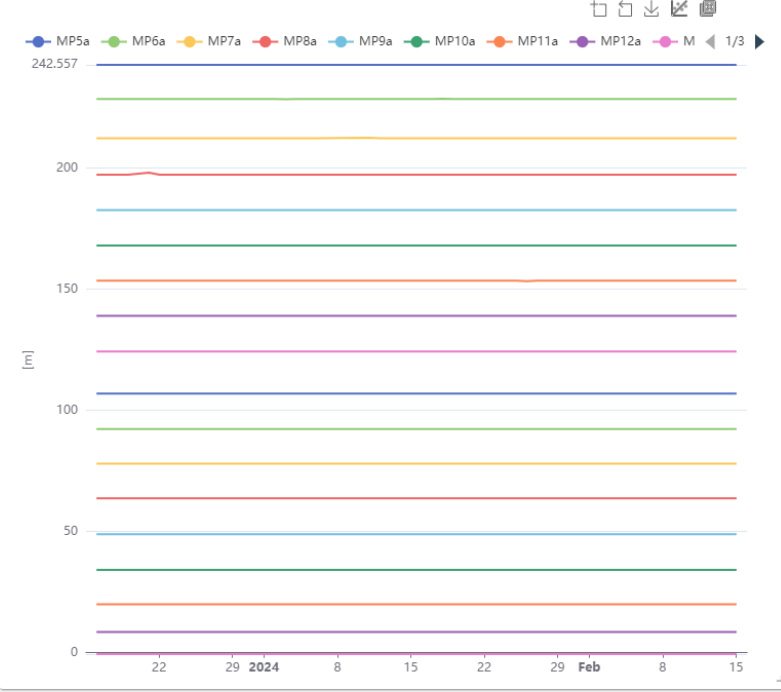
Brügger Ufer - Messpunkte auf Karte



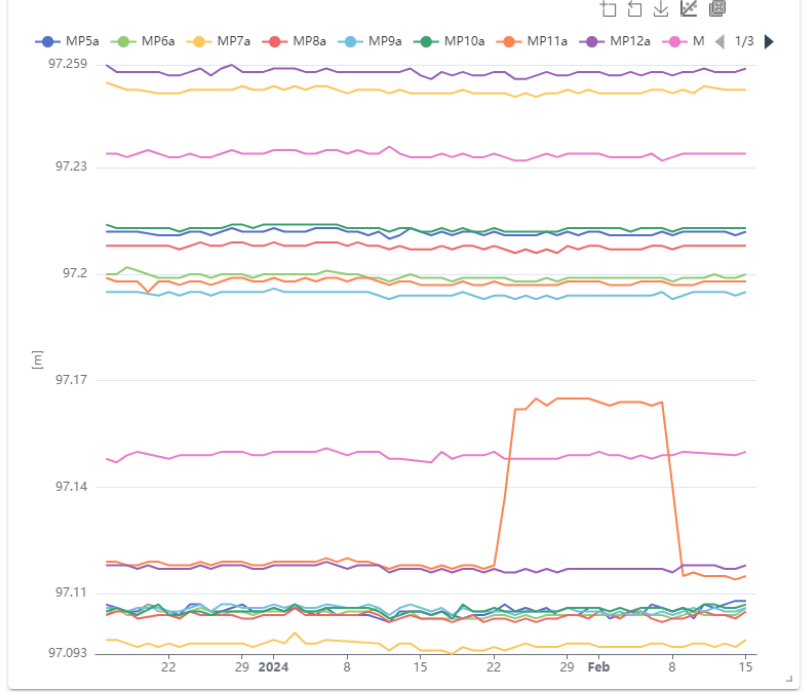
Brügger Ufer - Bauwerksbezogene Koordinaten über Zeit - x



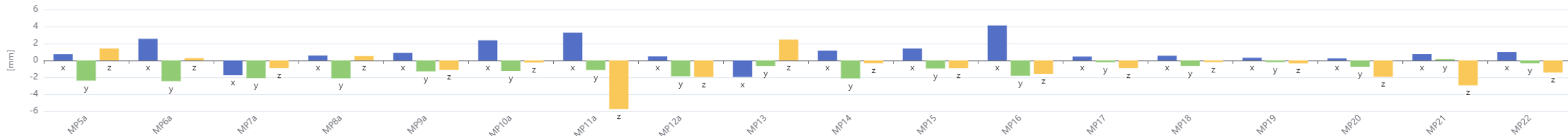
Brügger Ufer - Bauwerksbezogene Koordinaten über Zeit - y



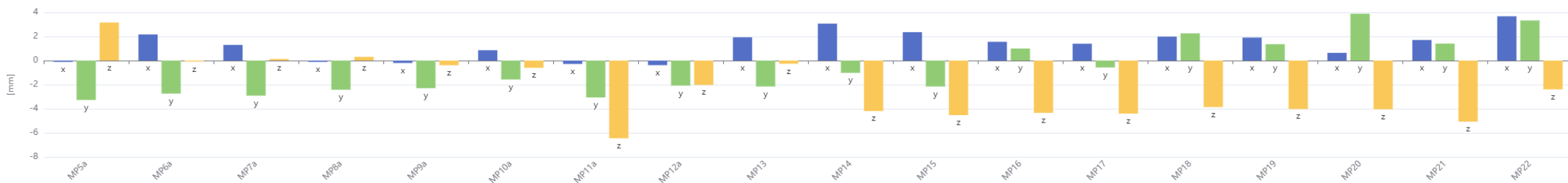
Brügger Ufer - Bauwerksbezogene Koordinaten über Zeit - z



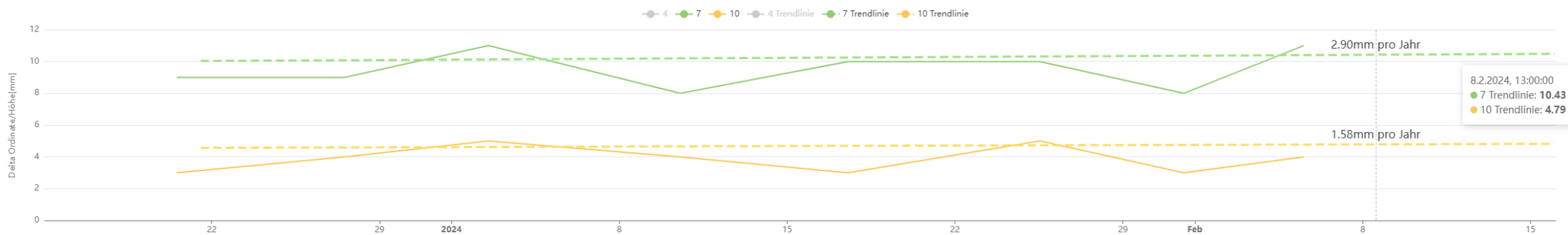
Brügger Ufer - Balkendiagramm - Verschiebung im Zeitraum
Verschiebung innerhalb des Zeitraums



Brügger Ufer - Balkendiagramm - Verschiebung insgesamt
Verschiebung seit Messbeginn



Brügger Ufer - Tachymetrische Messungen - Pro Objektpunkt - Ordinate



+ ERSTELLEN

KAI

VORSETZE

Suche

Am Altenwerder Kirchtal

Amsterdamer Kai

Amsterdamer Kai

BLÖCKE
 PEGEL
 TACHYMETRISCHE MESSUNGEN
 TACHYMETRISCHE MESSUNG
 VERANTWORTLICHE

BEARBEITEN
 LÖSCHEN

Arningkai

Auguste-Vitoria-Kai

Bremer Kai

Brügger Ufer

Ellerholzbrücken - Uferwand

Europakai

Europakai_CTT - Querschnitt 46/5

Hachmannkai

Hansa Brücke

Hansahöft

Hovekanal

Kaiser- Wilhelm- Höft

Kohlenkai

Kronprinzenkai

Alarmierungsregel

Name

Brügger Ufer_Auto_Tachymetric

Verantwortliche des Kais

Priewe, Rico; Seletzky, Christoph; Hofmann, Jan; Mann, Christian

! **Achtung!** Mindestens eine verantwortliche Person hat keine Handynummer angegeben und kann daher keine Alarm-SMS empfangen. Die eigene Handynummer kann im [Profil](#) gesetzt werden. Verantwortliche ohne Handynummer: **Seletzky, Christoph; Mann, Christian**

- ⓘ Alarmierung auf Bauswerksbezogene Koordinaten (x,y,z)
x: Abstand Richtung Wasser, y: Parallel zur Kaimauer, z: Höhe
- ⓘ Die Grenzwerte beziehen sich immer auf die Differenz zu der Nullmessung
- ⓘ Der Komparator (> oder <) kann über einen Klick auf das Icon umgestellt werden. So kann auch auf negative Abweichungen alarmiert werden.

x-Grenzwert < -5 mm y: Alarme sind deaktiviert z: Alarme sind deaktiviert

Alarm wenn keine Daten seit 12 h Messwerte mitteln über 6 h Alarmierung per **Email**

	x-Grenzwert	Alarm wenn keine Daten seit	Messwerte mitteln über	Alarmierung per
MP5a	< -5 mm	12 h	6 h	Email
MP6a	< -5 mm	12 h	6 h	Email
MP7a	< -5 mm	12 h	6 h	Email
MP8a	< -5 mm	12 h	6 h	Email
MP9a	< -5 mm	12 h	6 h	Email
MP10a	< -5 mm	12 h	6 h	Email
MP11a	< -5 mm	12 h	6 h	Email
MP12a	< -5 mm	12 h	6 h	Email
MP13	< -5 mm	12 h	6 h	Email

SCHLIESSEN **SPEICHERN**

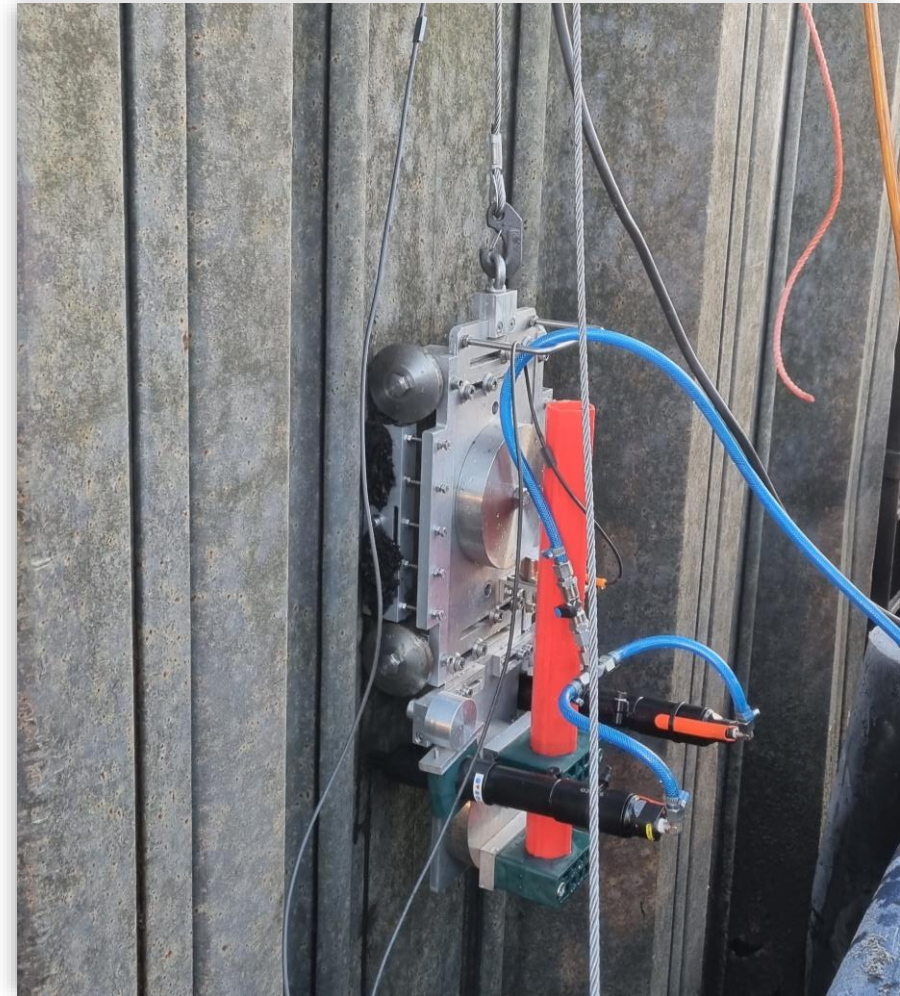
Mobiles Messen von Spundwänden

Der Inklinometerwagen

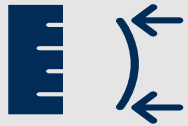
04

04 Mobiles Messen von Spundwänden - Der Inklinometerwagen

Vom Poolreiniger zum Inklinometerwagen



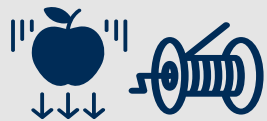
04 Mobiles Messen von Spundwänden - Der Inklinometerwagen



Ermittlung der Biegelinie durch kontinuierliche Messung des Neigungswinkels der Spundwand.



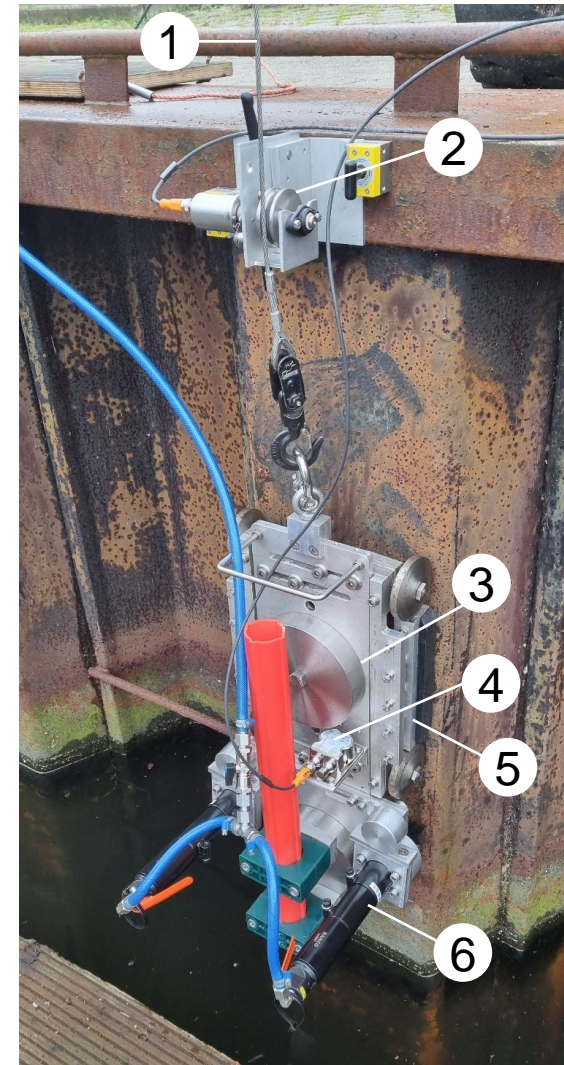
Durch die magnetische Anziehungskraft wird der Wagen an der Wand gehalten.



Mit Hilfe der Schwerkraft und einer Seilwinde kann der Wagen bis zur Gewässersohle gelangen.



Die Bohle wird vor der Vermessung durch den Wagen in einem ersten Prozessschritt gereinigt



1. Seil zur Seilwinde
2. Umlenkrolle mit Drehwinkelsensor
3. Inklinometerwagen
4. Neigungssensor
5. Magnete
6. Nadelhämmer für die Reinigung

04 Mobiles Messen von Spundwänden - Der Inklinometerwagen

Reinigung der Spundwand:



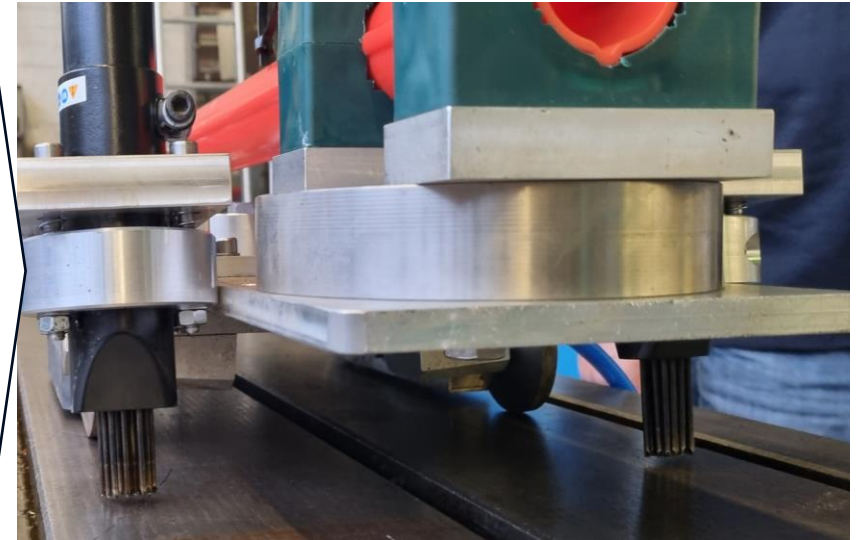
Hydraulische Putzscheibe:

- + Gute Reinigungsleistung
- Hoher Verschleiß
- Großes Moment auf den Wagen bei starker Verschmutzung
- Hydraulischer Antrieb



Zwei gegenläufig rotierende Putzscheiben mit federgelagerten Reinigungsstiften:

- + Gute Reinigungsleistung
- + geringerer Verschleiß
- + geringes Moment auf den Wagen
- Hoher Wartungsaufwand
- Hydraulischer Antrieb



Federgelagerte Nadelhämmer

- + Sehr gute Reinigungsleistung
- + geringerer Verschleiß
- + leichte Wartung
- + pneumatischer Antrieb
- große axiale Kräfte in Messrichtung

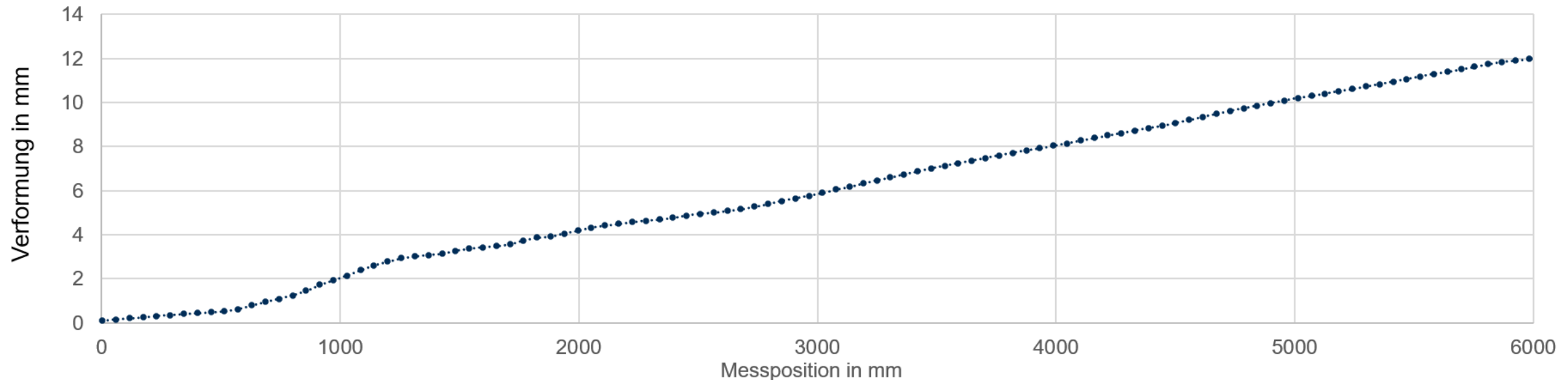
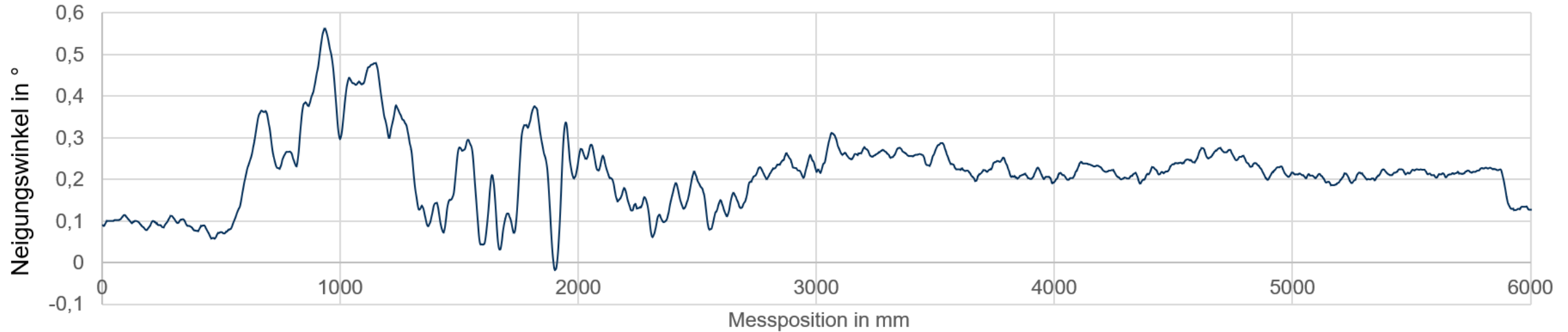
04 Mobiles Messen von Spundwänden - Der Inklinometerwagen

Messung der Verformung:

- Erfassung des Neigungswinkels der Spundwand
- Messung der Wagenposition über die Seillänge
- Kontinuierliche Aufzeichnung der Messwerte
- Direkte Auswertung der Daten auf einem Messrechner
- Visualisierung in einem Dashboard



04 Mobiles Messen von Spundwänden - Der Inklinometerwagen



Und wie geht es weiter?

Ein Ausblick

05

05 Und wie geht es weiter? Ein Ausblick

Weiterentwicklung des Wagens:

- Automatisierte Übertragung der Messdaten an das MONI-Portal durch REST-Schnittstelle
- Weiterentwicklung des aktuellen Systems zur Produktreife mit CE-Konformität
- Erhöhung des Automatisierungsgrad für vollautomatische Prozessführung
- Prüfung einer Erweiterung durch weitere Sensorik für weiterführende Aufgaben des Wagens (Schlickdickenmessung, Oberflächenuntersuchungen, ...)

Weiterentwicklung der Monitoring-Plattform

- Erweiterung des Portals mit weiteren Livedaten
- Verknüpfung mit anderen Portalen



06

**VIELEN DANK FÜR
DIE AUFMERKSAMKEIT**



© HPA, Andreas Schmidt-Wiethoff

Hamburg Port Authority AöR
Neuer Wandrahm 4
20457 Hamburg
Tel.: +49 40 42847- 5495