
6073-3 / Aktennotiz vom 20.04.2021
Projekt Vorabklärungen, Kantonsstrasse Nr. 76 Bad Ragaz - Pfäfers

2. Folgemessung Inklinometer April 2021

1. Ausgangslage

Für die Sanierung des rutschgefährdeten Abschnitts Valurrank der Kantonsstrasse sind die vier Sondierbohrungen KB1/20-KB4/20 zu Inklinometer-Messstellen ausgebaut worden (Anhang 1). Die Nullmessung von uns erfolgte kurz nach Erstellen der Inklinometer am 8. Mai 2020. Am 27. Oktober ist die 1. Folgemessung und am 31. März 2021 die 2. Folgemessung ebenfalls durch uns erfolgt. Infolge eines Missverständnisses erfolgte die vom TBA SG im Mai 2020 durchgeführte Vermessung der Inklinometer-Messrohrköpfe lediglich zu Dokumentationszwecken (Lage und Höhe für Plandarstellung), für einen Vergleich mit den Inklinometermessungen waren diese geodätischen Messungen aber zu wenig präzise. Eine sinnvolle, konsistente Auswertung der 1. Folgemessung konnte daher mangels Kenntnis allfälliger Bewegungen der Messrohrköpfe nicht vorgenommen werden. Als Folge davon wurde die Nullmessung der geodätischen Überwachung im Herbst 2020 zeitgleich mit der 1. Folgemessung Inklinometer durchgeführt. Die Auswertung der 2. Folgemessung Inklinometer und 1. Folgemessung geodätische Überwachung werden in dieser Aktennotiz vorgestellt und beurteilt. Der Vollständigkeit halber werden die Resultate der 1. Folgemessung Inklinometer ebenfalls in dieser Aktennotiz aufgeführt und bewertet.

2. Resultate 1. und 2. Folgemessung Inklinometer

Die detaillierten Resultate der Inklinometermessungen (inkl. grafische Darstellung) finden sich im Anhang 2 und 3. Nachfolgend sind in der Tabelle 1 die Resultate der 1. Folgemessung vom 27. Oktober 2020 und in der Tabelle 2 die Resultate der 2. Folgemessung vom 31. März 2021 tabellarisch zusammengefasst.

Tabelle 1: Resultate 1. Folgemessung Inklinometer im Vergleich zur Nullmessung						
Bohrung	27. Oktober 2020		Bewegungsrate in Richtung A+ [mm/Tag]	Azimut Rich- tung A+	Tiefe der Gleitfläche [m OKT]	Geologische Einheit an der Gleitfläche
	Norden [mm]	Osten [mm]				
KB1/20	1	0	<0.0001	N	innerhalb Messunsicher- heit	Hangschutt
KB2/20	0	4	0.02	E	3-4 m	Hangschutt
KB3/20	3	2	0.01	uneindeutig	uneindeu- tig	Hangschutt
KB4/20	4	5	0.04	NE	3-4 m	Hangschutt

Bemerkungen:

- Die Nullmessung der Inklinometer erfolgte am 8. Mai 2020
- *Norden, Osten: Horizontalverschiebungen am Messrohrkopf gegenüber der Nullmessung; der Messrohrfuss wird als unverschieblich angenommen.*
- Die Messunsicherheit beträgt ± 2 mm

Der Schacht von KB3/20 ist bei 1. Folgemessung Ende Oktober 2020 stark beschädigt vorgefunden worden. Die 1. Folgemessung zeigte in den obersten 2-3 m eine starke Deformation, welche auf einen starken Impuls von oben bzw. ausserhalb des Inklinometerrohrs beispielsweise durch den Schlag eines umgestürzter Baumstamms oder Steinblocks schliessen lässt. Beim Abteufen der Sonde hat zudem Schutt am Boden des Inklinometerrohrs die unterste Messung bei 7 m Tiefe verunmöglicht. Die erste (unterste?) Messung wurde daher bei 6.7 m anstatt 7.0 m gemacht. Eine nachfolgende Inspektion durch Kanal-TV hat gezeigt, dass sich tatsächlich etwas Bauschutt und Holz am Boden des Inklinometers angesammelt hat. Bei der visuellen Überprüfung konnte jedoch keine signifikanten Deformationen festgestellt werden, worauf auf einen Ersatz des Inklinometers vorläufig verzichtet wurde. Aufgrund dieser mutmasslichen externen Manipulation an der Messinstallation ist die Messung ist mit grosser Vorsicht zu behandeln.

Bei der 1. Folgemessung sind signifikant messbare Verschiebungen im Inklinometer KB2/20 und KB4/20 erkennbar. Bei beiden Bohrungen ist keine eigentliche Gleitfläche (diskrete Verschiebungsfläche) sichtbar. Vielmehr ist von unten nach oben eine kontinuierliche Zunahme der (Horizontal-)Verschiebungen zu erkennen, wobei ab einer Tiefe von 3-4 m, welche dem Übergang vom Hangschutt zum Fels (Ragazer-Flysch) entspricht, die Verschiebungen signifikant sind. Die bis zur 1. Folgemessung aufgezeichneten Verschiebungen implizieren ein Kriechen im Lockergestein (als Bewegungsmechanismus). Die Bewegungsvektoren liegen ungefähr orthogonal zum Hang, d.h. in nördlicher bis östlicher Richtung.

Tabelle 2: Resultate 2. Folgemessung Inklinometer im Vergleich zur 1. Folgemessung						
Bohrung	31. März 2021		Bewegungsrate in Richtung A+ [mm/Tag]	Azimut Rich- tung A+	Tiefe der Gleitfläche [m OKT]	Geologische Einheit an der Gleitfläche
	Norden [mm]	Osten [mm]				
KB1/20	0.5	0.5	<0.003	N	innerhalb Messunsicherheit	Hangschutt
KB2/20	0	0.8	<0.003	E	innerhalb Messunsicherheit	Hangschutt
KB3/20	1	1	<0.003	uneindeutig	innerhalb Messunsicherheit	Hangschutt
KB4/20	2.5	1	0.02	NE	1-2	Hangschutt

Bemerkungen:

- Die Nullmessung der Inklinometer erfolgte am 8. Mai 2020
- Die 1. Folgemessung der Inklinometer erfolgte am 27. Oktober 2020
- *Norden, Osten: Horizontalverschiebungen am Messrohrkopf gegenüber der Nullmessung; der Messrohrfuss wird als unverschieblich angenommen.*
- Die Messunsicherheit beträgt ± 2 mm

Bei der 2. Folgemessung sind signifikant messbare Verschiebungen sind nur im Inklinometer KB4/20 erkennbar. Es ist keine eigentliche Gleitfläche (diskrete Verschiebungsfläche) sichtbar. Die Gleitfläche liegt in der künstlichen Auffüllung und einer Tiefe von 1-2 m. Der Bewegungsvektor zeigt wiederum in nordöstlicher Richtung.

3. Resultate 1. geodätische Messung Messrohrkopf

Die detaillierten Resultate der geodätischen Überwachung finden sich im Anhang 4. Nachfolgend sind in der Tabelle 3 die Resultate der 1. Folgemessung vom 8. April 2021 tabellarisch zusammengefasst.

Tabelle 3: Zusammenfassung Resultate 2. Folgemessung geodätische Überwachung Messrohrkopf				
Bohrung	8. April 2021		Bewegungsrate in Richtung A+ [mm/Tag]	Azimut Richtung A+
	Norden [mm]	Osten [mm]		
KB1/20	0.0	0.0	<0.001	innerhalb Messunsicherheit
KB2/20	1	0.0	<0.006	innerhalb Messunsicherheit
KB3/20	1	0	<0.006	innerhalb Messunsicherheit
KB4/20	0	2	0.02	E

Bemerkungen:

- Die Nullmessung der Inklinometer erfolgte am 2. November 2020
- Die 1. Folgemessung der Inklinometer erfolgte am 8. April 2021
- *Norden, Osten: Horizontalverschiebungen am Messrohrkopf gegenüber der Nullmessung.*
- Die Messunsicherheit beträgt ± 3 mm

Signifikant messbare Verschiebungen sind nur im Messrohrkopf von KB4/20 erkennbar. Die Beobachtungen des Inklinometers KB4/20 und der geodätischen Überwachung sind demzufolge als plausibel einzustufen. Der Bewegungsvektor zeigt in östliche Richtung,

4. Beurteilung

Die Inklinometermessungen über das Sommerhalbjahr (1. Folgemessung) zeigen Bewegungen in zwei von vier Messstellen (KB2/20 und KB4/20) mit Beträgen über der Messunsicherheit an. Mangels Vergleich mit geodätischer Überwachungsmessungen sind die Bewegungsbeträge mit Vorsicht zu interpretieren.

Die Inklinometermessungen über das Winterhalbjahr (2. Folgemessung) zeigen Bewegungen in einer von vier Messstellen (KB4/20) mit Beträgen über der Messunsicherheit an. Der Vergleich mit der geodätischen Überwachung zeigt, dass die Bewegungen im oberflächennahen Hangschutt vonstattengehen.

Aufgrund der Datenanalyse kann provisorisch festgehalten werden, dass die Bewegungen sehr wahrscheinlich im Hangschutt passieren, und zwar in einer saisonalen Abhängigkeit. Im Sommer finden messbare Bewegungen statt, im Winter liegen sie innerhalb der Messunsicherheit. Aufgrund der bisherigen Messungen wird von einem Kriechen im Lockergestein (Hangschutt / künstliche Auffüllung) als massgebender Bewegungsmechanismus ausgegangen.

Ein saisonales Bewegungsmuster kann mit der im Sommer verstärkt auftretenden Hangwasserzirkulation erklärt werden (Starkniederschläge bei Gewitter). Im Winter liegt meist eine Schneedecke und die Hangwasserzirkulation kommt bis zur Schneeschmelze weitgehend zum Erliegen (gefrorene Böden).

5. Bemerkungen

Die nächste Folgemessung Inklinometer und geodätische Überwachung ist geplant im Herbst durchzuführen. Wir empfehlen, eine weitere Folgemessung im Frühjahr 2022 durchzuführen, um Ausreisser bei saisonal besonders trockenen oder nassen Witterungsverhältnissen in der Messreihe zu minimieren.

Zum Abschätzen der oberflächennahen Wasserwegsamkeiten im Hangschutt und von allfällig zufließendem Kluftwasser aus dem Fels, empfehlen wir die Durchführung einer hydrogeologischen Begehung nach einem Starkniederschlag bzw. langandauernder nasser Witterung im Frühjahr 2021.

Sargans, 20.4.2021

BTG Büro für Technische Geologie AG



D. Figi

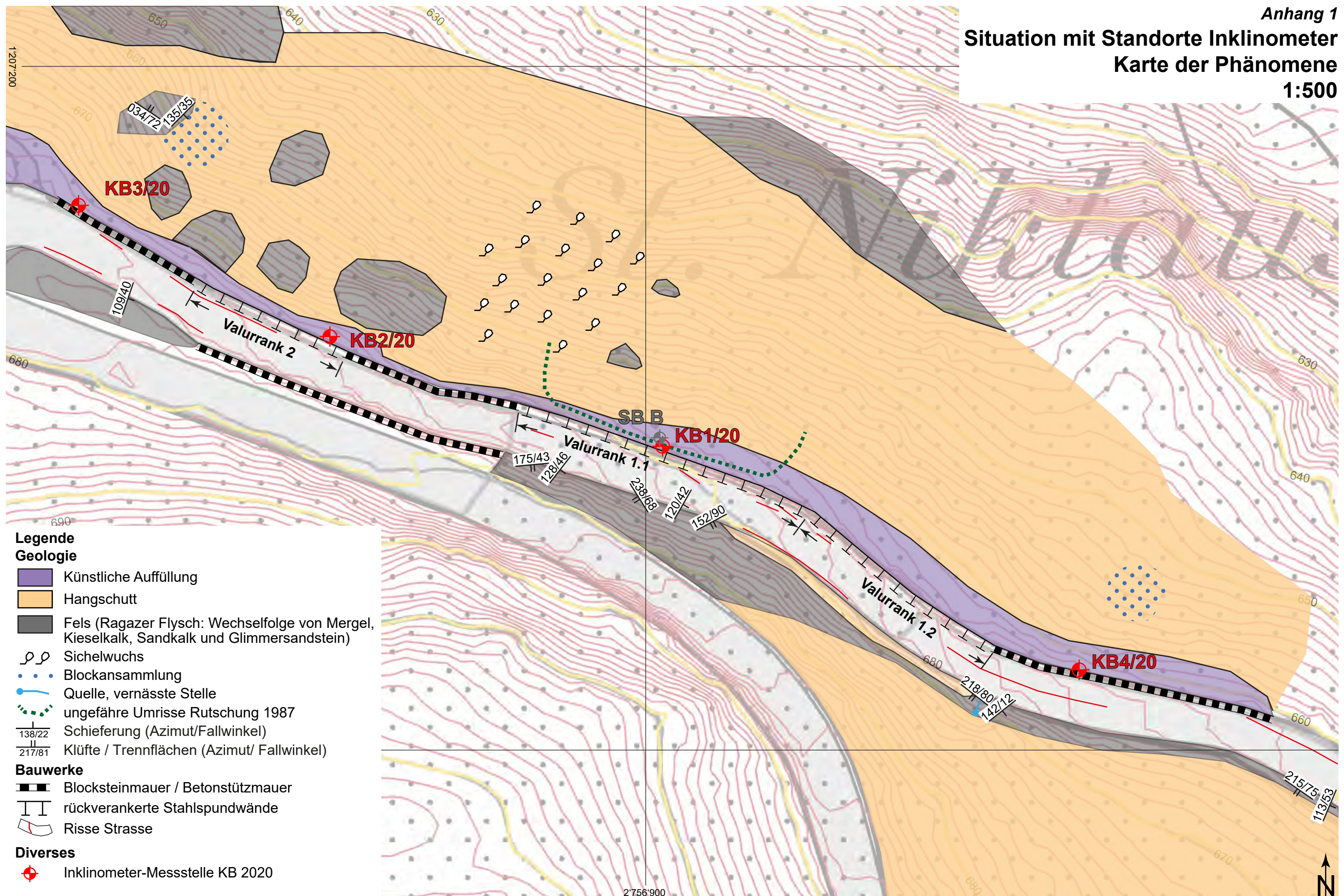


Dr. R. Grischott

ANHÄNGE

- 1 Situation mit Standorte Inklinometermessungen, Karte der Phänomene 1:500
- 2 Resultate Inklinometermessungen 1. Folgemessung
- 3 Resultate Inklinometermessungen 2. Folgemessung
- 4 Resultate geodätische Überwachung 1. Folgemessung

Anhang 1
Situation mit Standorte Inklinometer
Karte der Phänomene
1:500



Resultate Inklinometermessungen

Projekt: 6073 Valurrank Pfäfers

Referenzmessung: 8. Mai 2020

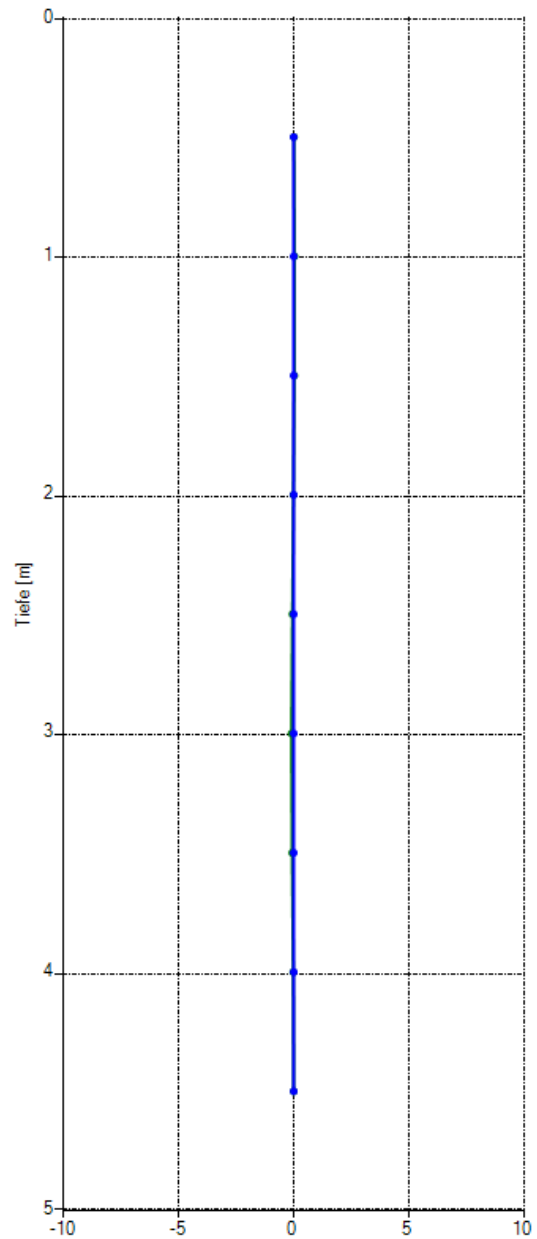
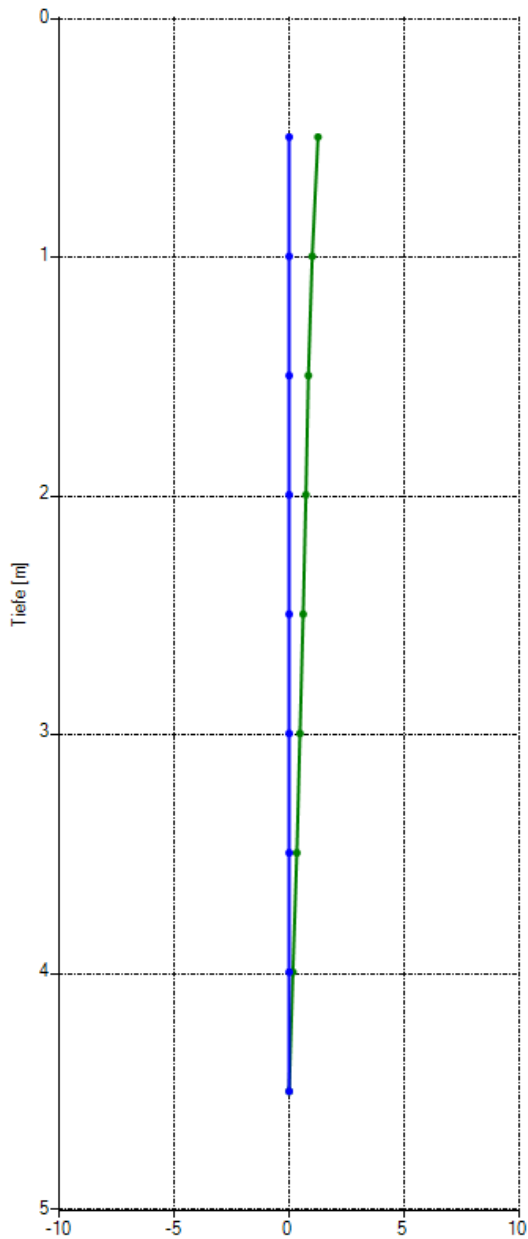
Letzte Folgemessung: 27. Oktober 2020

Darstellung: Kumulativ von Unten

Messstelle: KB1/20

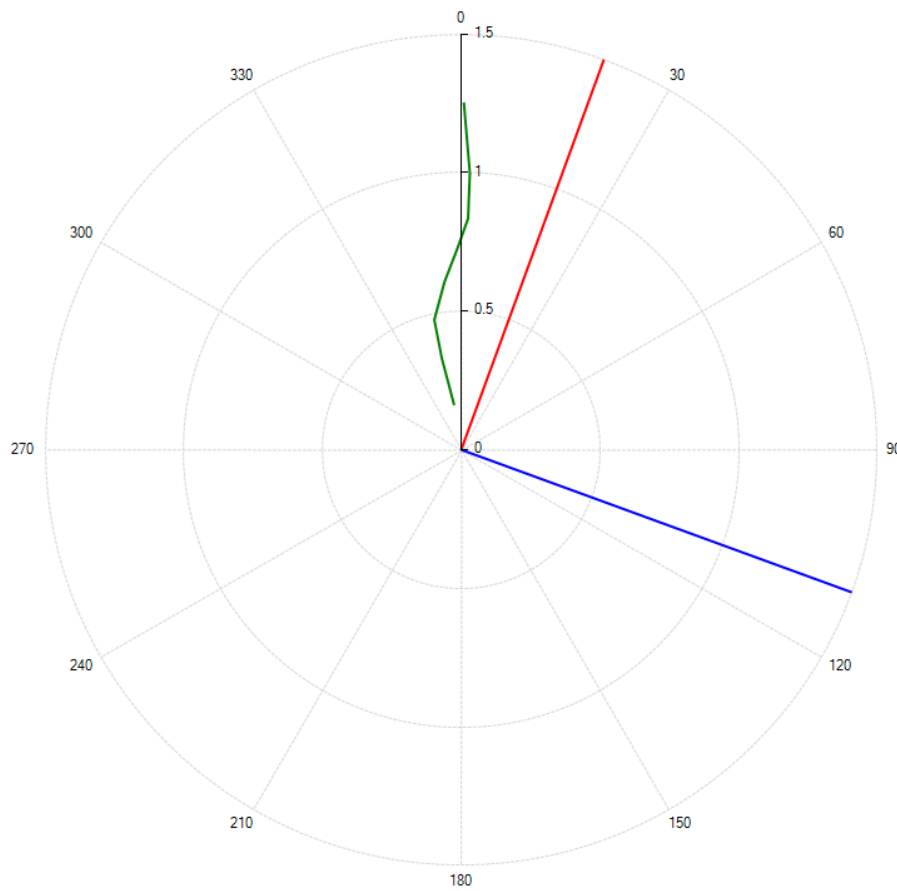
Verschiebung Norden [mm]

Verschiebung Osten [mm]



■ 07.05.2020 14:54:00 ■ 27.10.2020 16:57:00

Polardarstellung [mm]

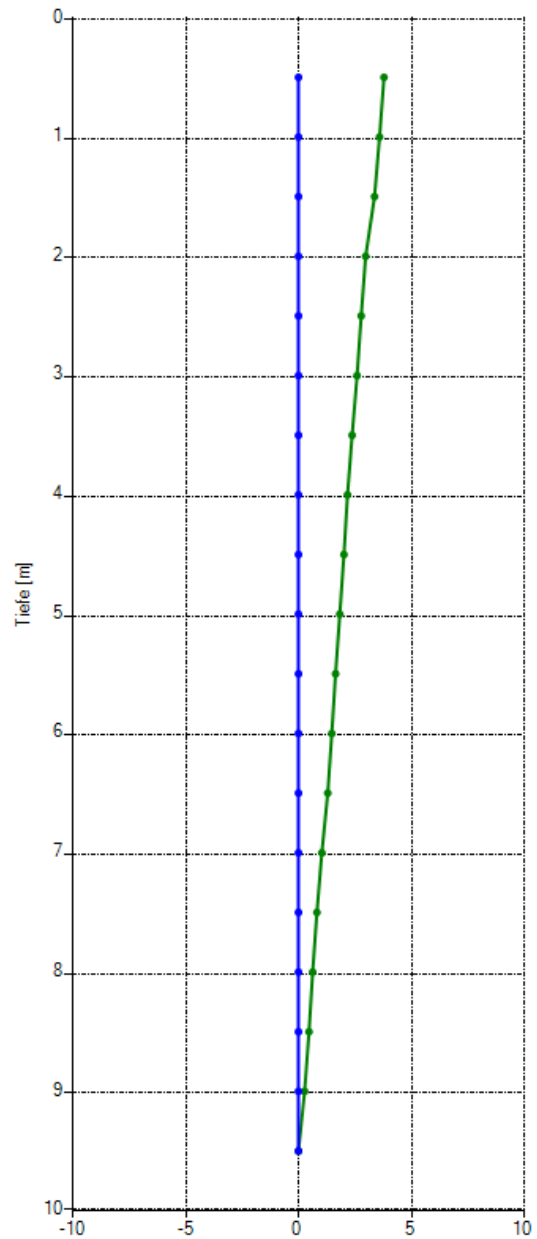
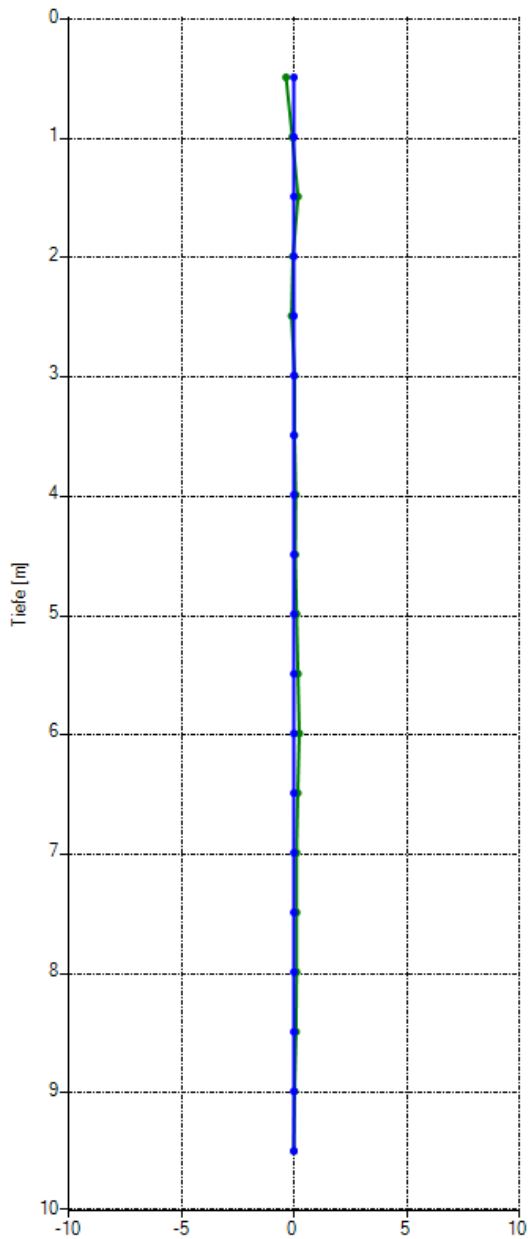


■ 07.05.2020 14:54:00 ■ 27.10.2020 16:57:00

Messstelle: KB2/20

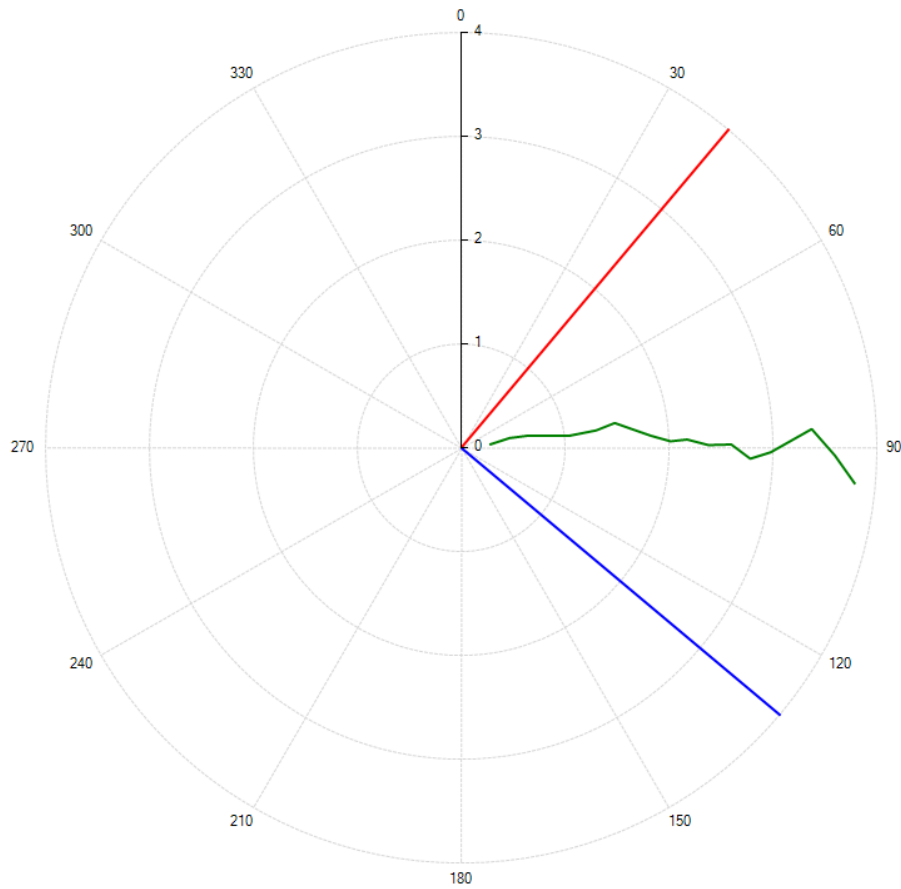
Verschiebung Norden [mm]

Verschiebung Osten [mm]



■ 07.05.2020 14:54:00 ■ 27.10.2020 16:57:00

Polardarstellung [mm]

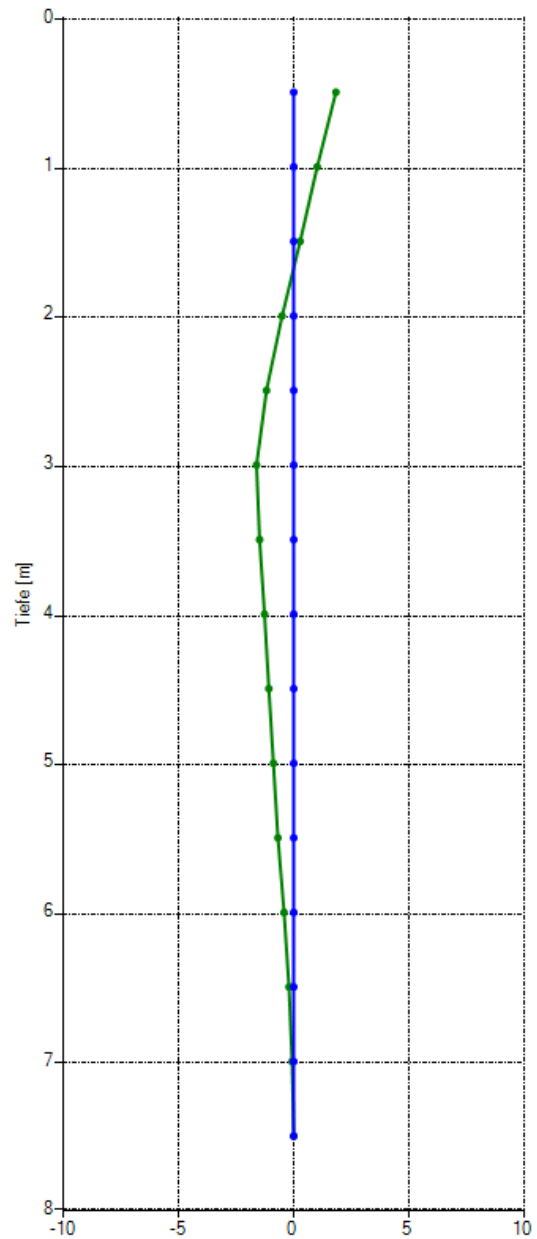
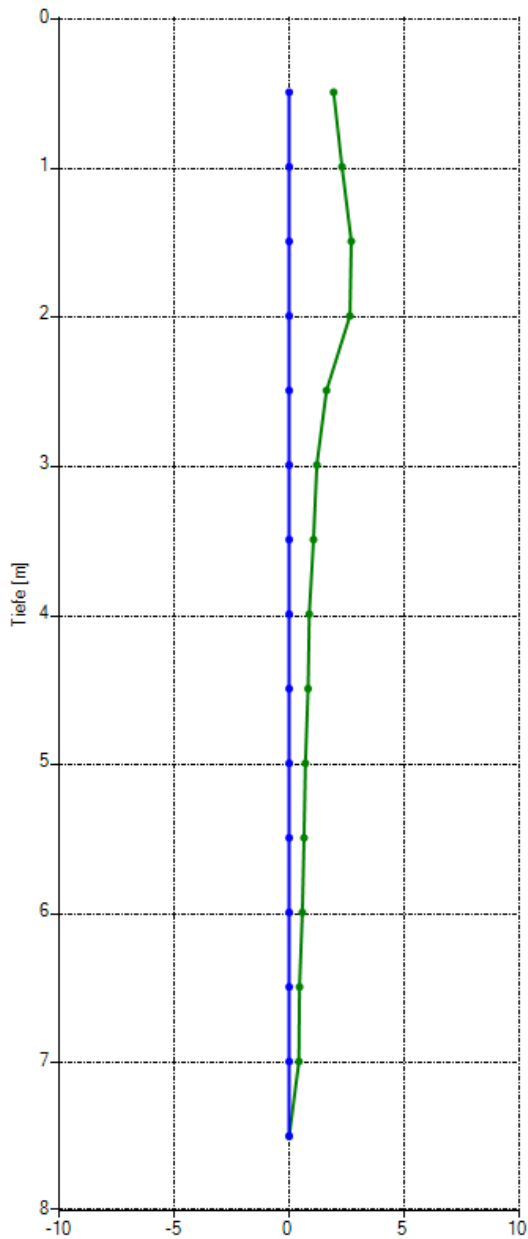


■ 07.05.2020 14:54:00 ■ 27.10.2020 16:57:00

Messstelle: KB3/20

Verschiebung Norden [mm]

Verschiebung Osten [mm]



■ 07.05.2020 14:54:00 ■ 27.10.2020 16:57:00

Polardarstellung [mm]

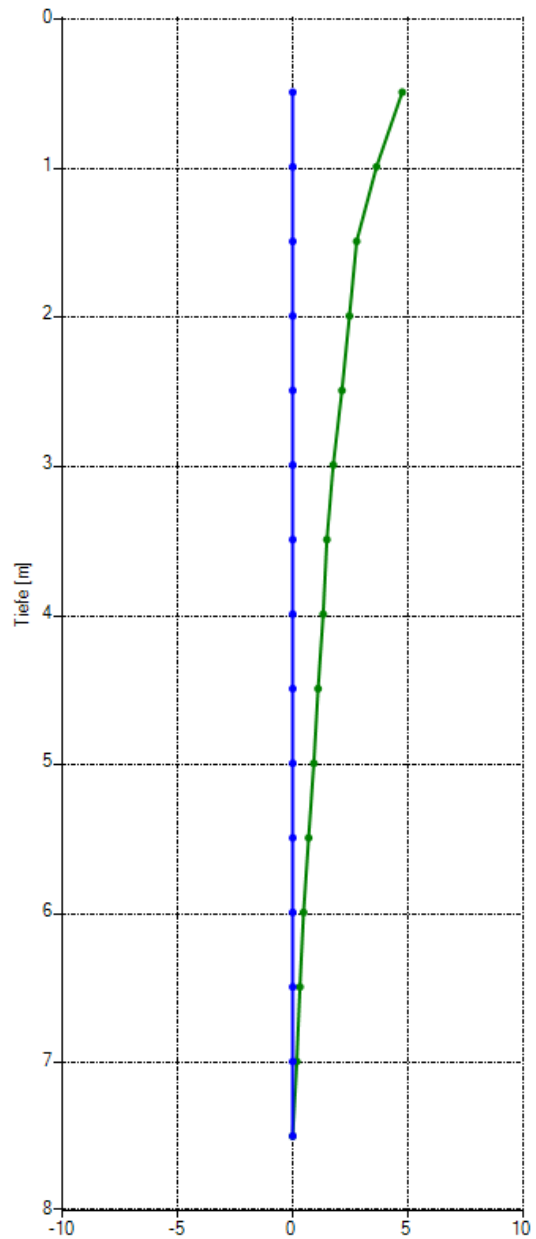
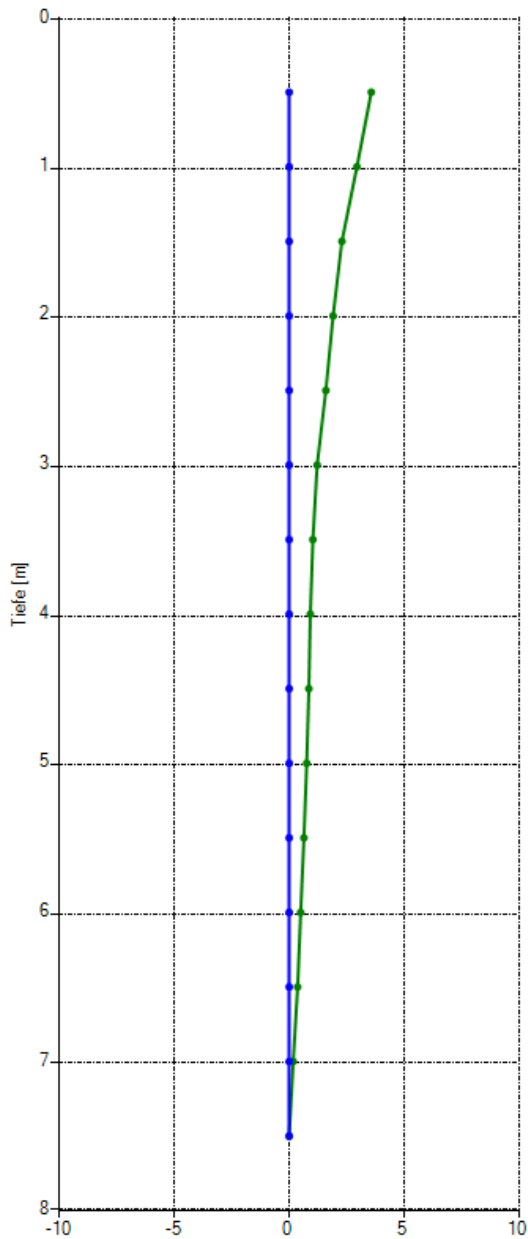


■ 07.05.2020 14:54:00 ■ 27.10.2020 16:57:00

Messstelle: KB4/20

Verschiebung Norden [mm]

Verschiebung Osten [mm]



■ 07.05.2020 14:54:00 ■ 27.10.2020 16:57:00

Polardarstellung [mm]



■ 07.05.2020 14:54:00 ■ 27.10.2020 16:57:00

Resultate Inklinometermessungen

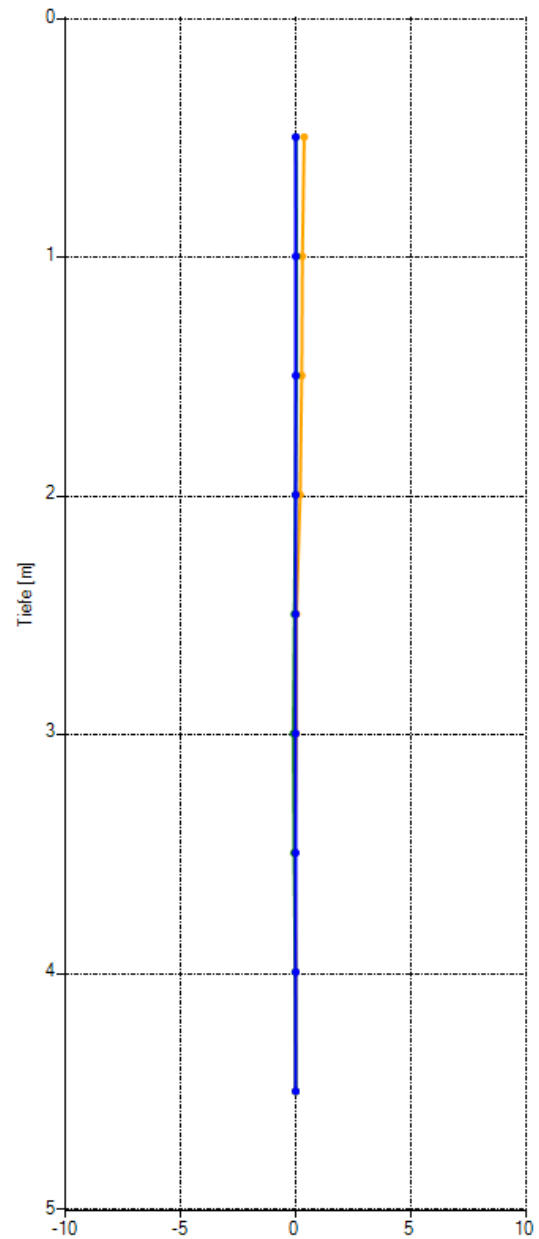
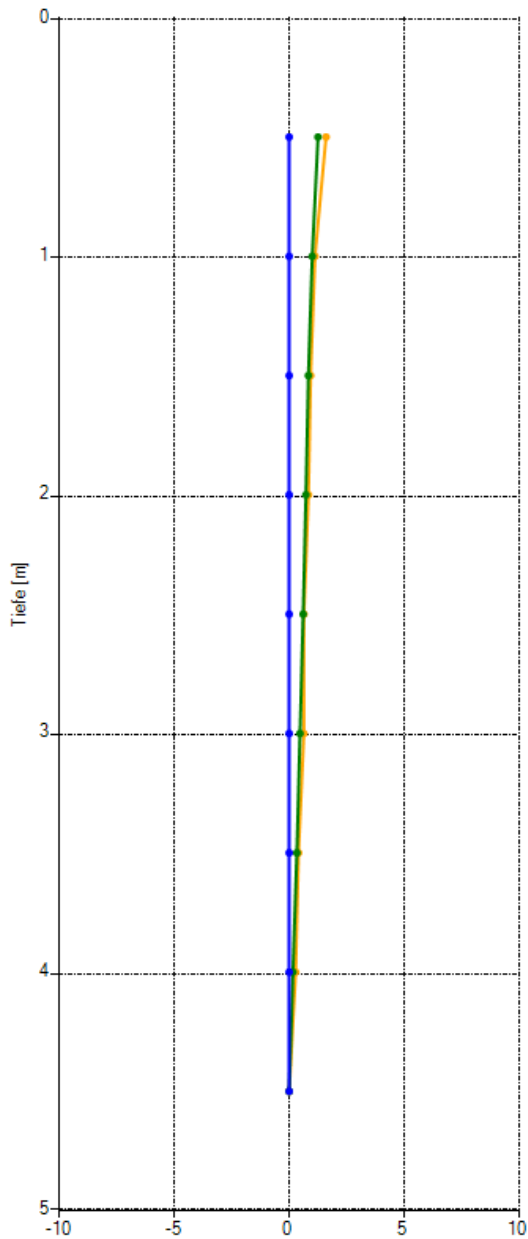
Projekt: 6073 Valurrank Pfäfers

Referenzmessung: 8. Mai 2020
Letzte Folgemessung: 31. März 2021
Darstellung: Kumulativ von Unten

Messstelle: KB1/20

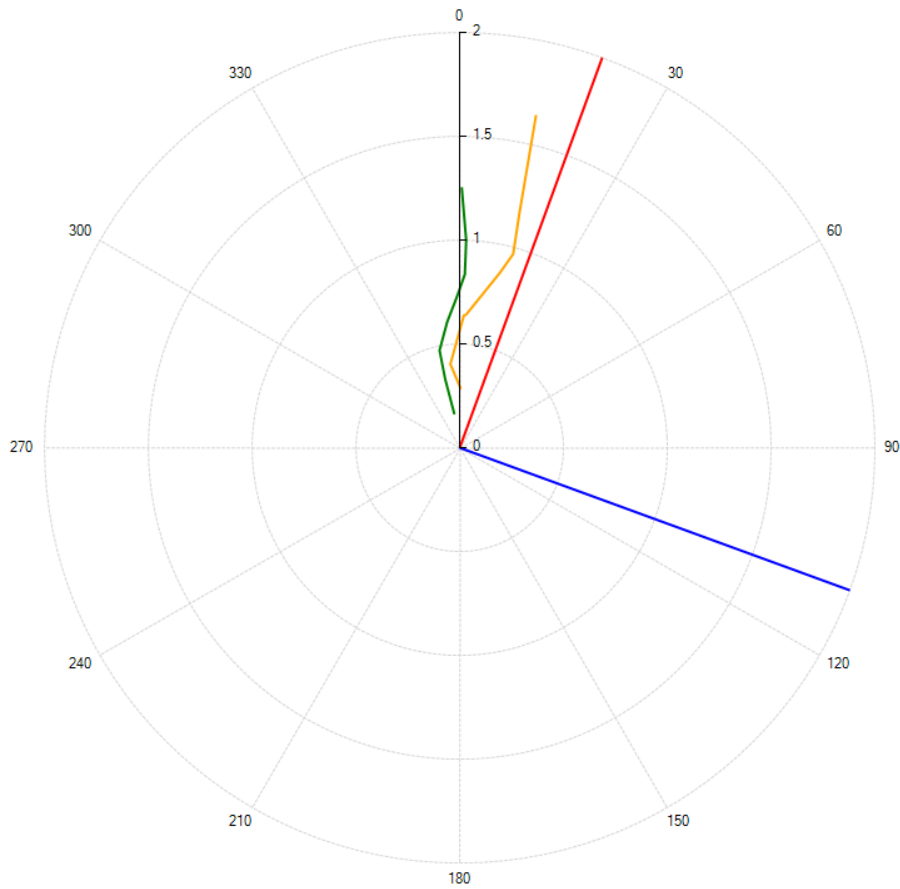
Verschiebung Norden [mm]

Verschiebung Osten [mm]



■ 07.05.2020 14:54:00 ■ 27.10.2020 16:57:00 ■ 31.03.2021 12:19:00

Polardarstellung [mm]

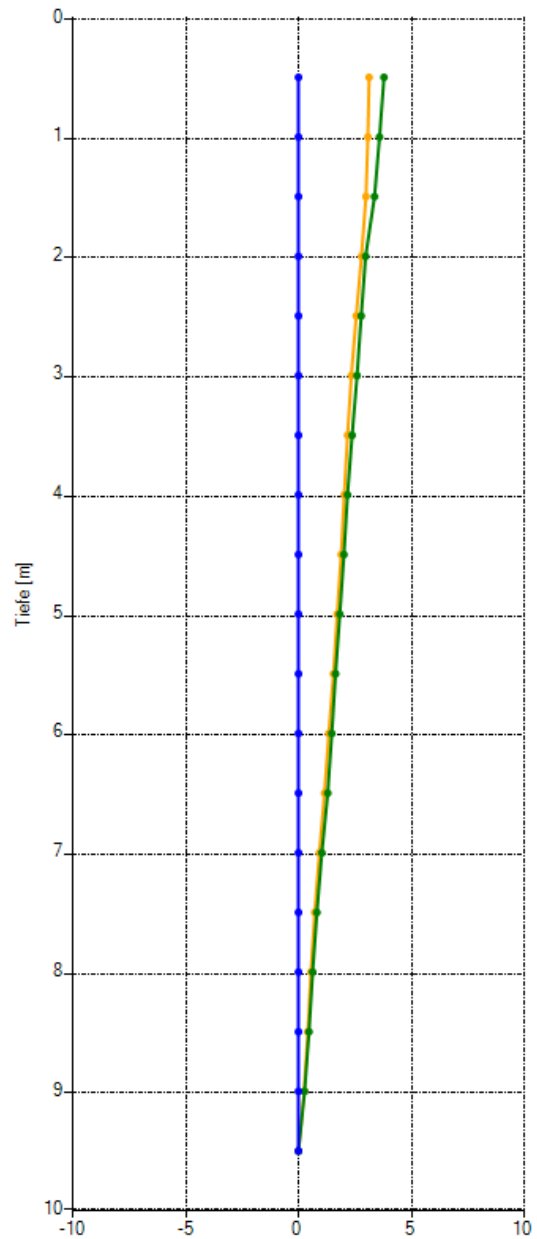
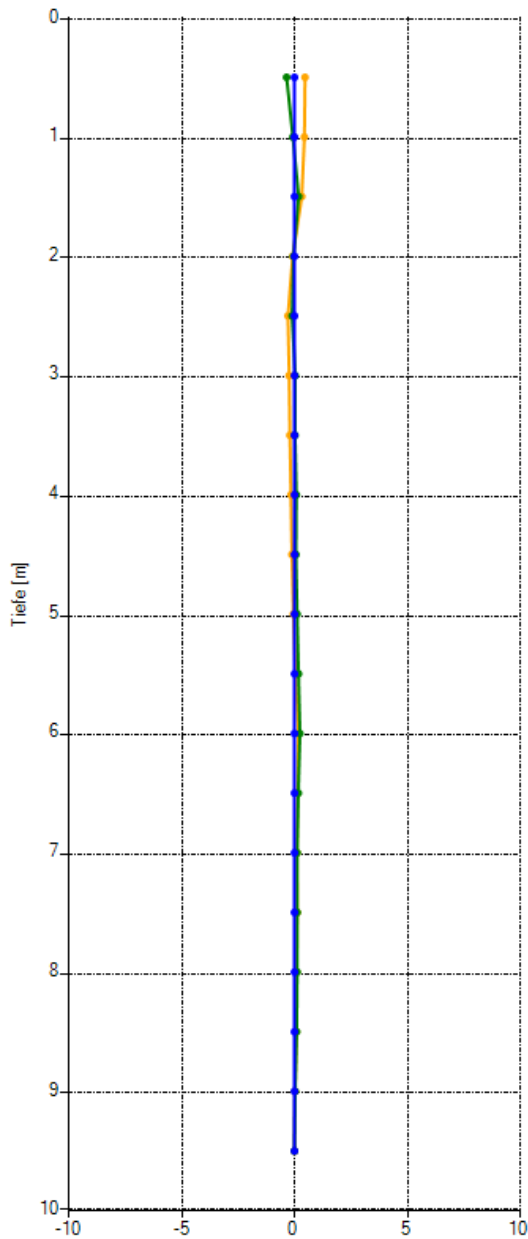


■ 07.05.2020 14:54:00 ■ 27.10.2020 16:57:00 ■ 31.03.2021 12:19:00

Messstelle: KB2/20

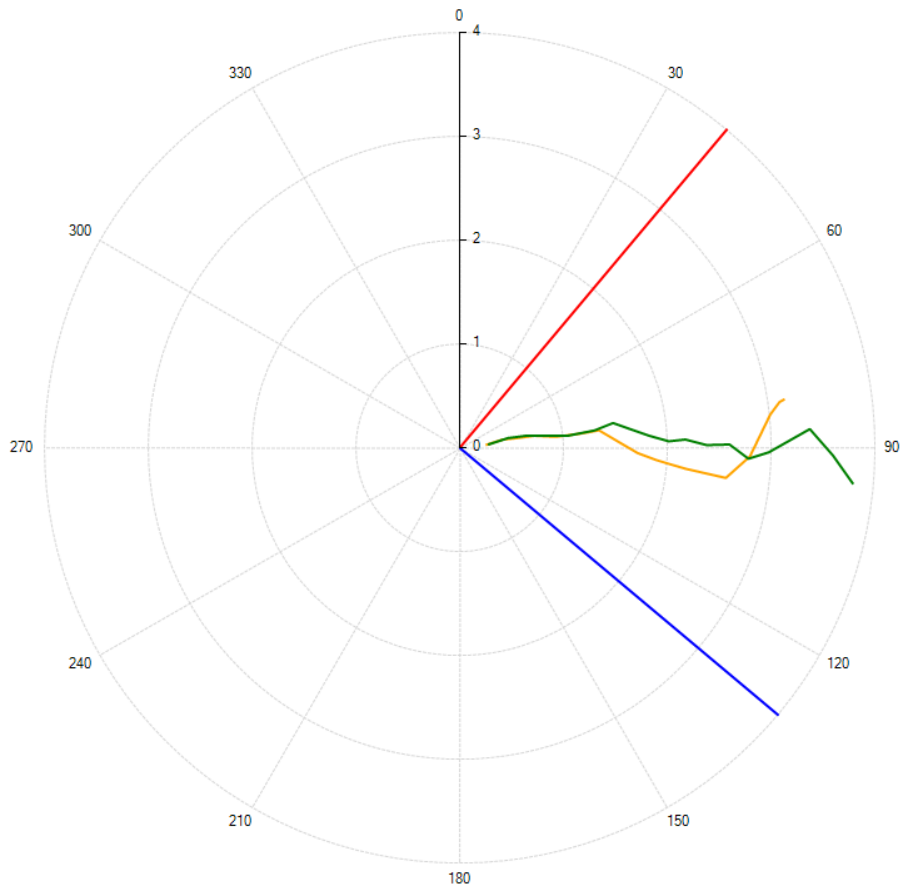
Verschiebung Norden [mm]

Verschiebung Osten [mm]



■ 07.05.2020 14:33:00 ■ 27.10.2020 16:21:00 ■ 31.03.2021 11:58:00

Polardarstellung [mm]

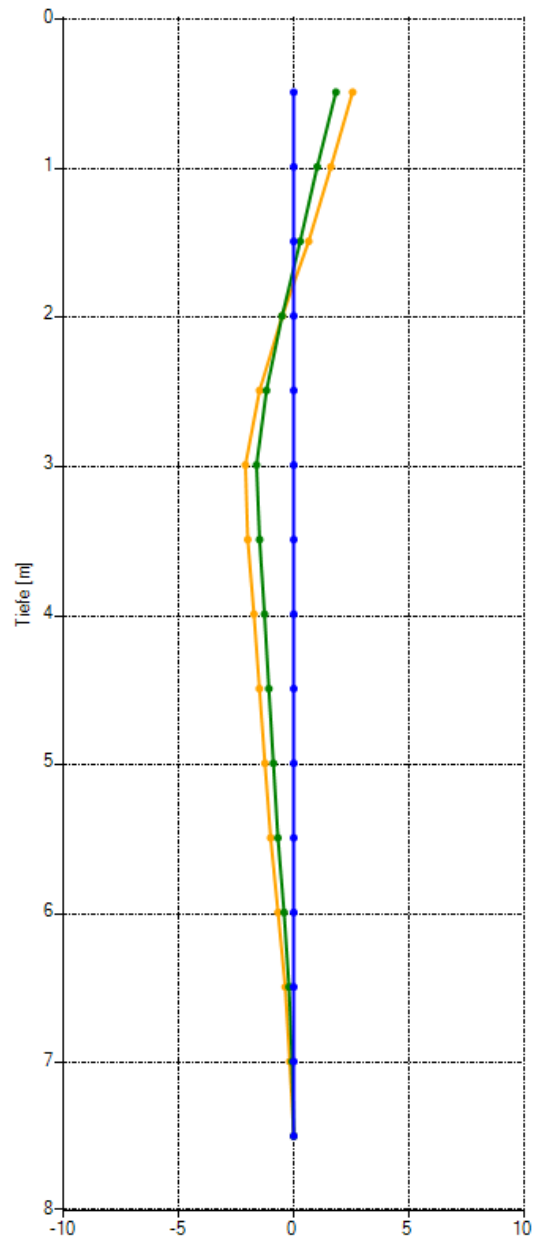
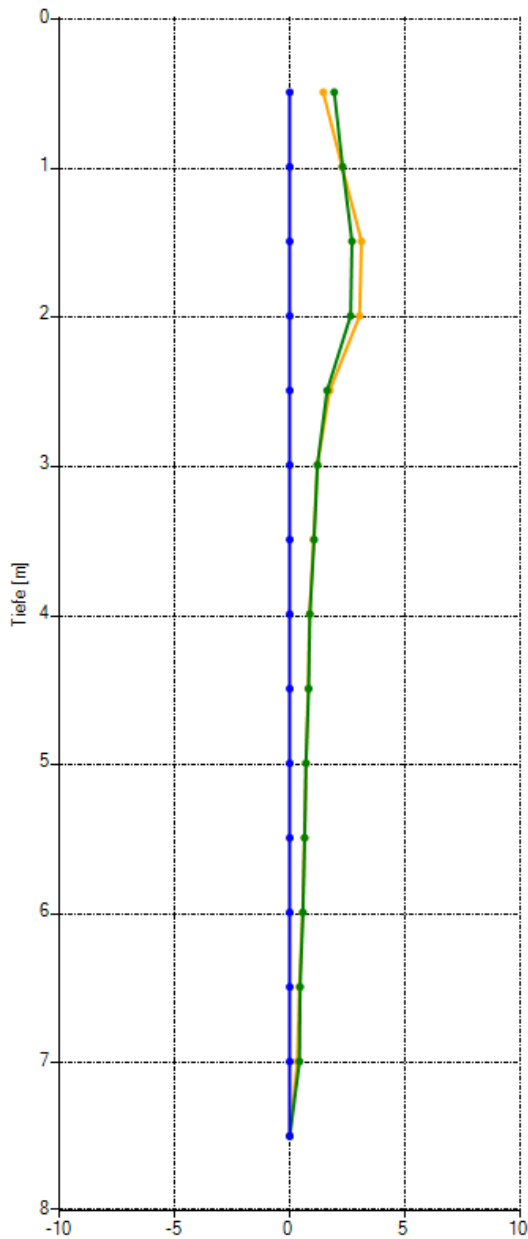


■ 07.05.2020 14:33:00
 ■ 27.10.2020 16:21:00
 ■ 31.03.2021 11:58:00

Messstelle: KB3/20

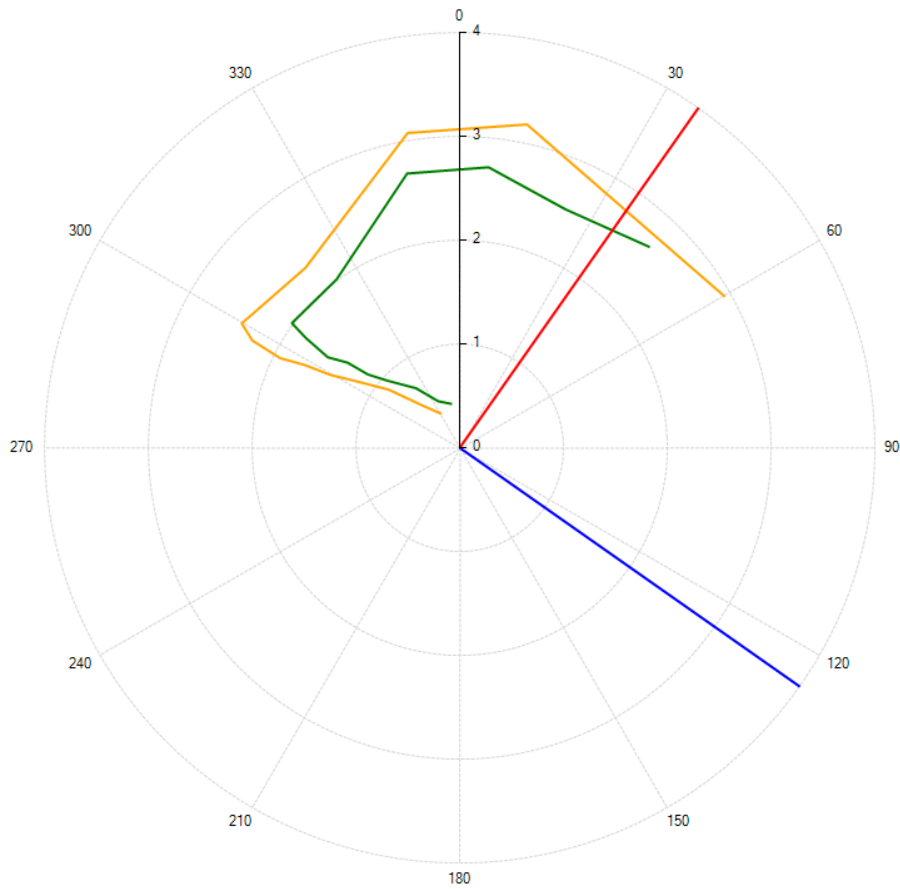
Verschiebung Norden [mm]

Verschiebung Osten [mm]



■ 07.05.2020 14:12:00 ■ 27.10.2020 15:58:00 ■ 31.03.2021 11:42:00

Polardarstellung [mm]

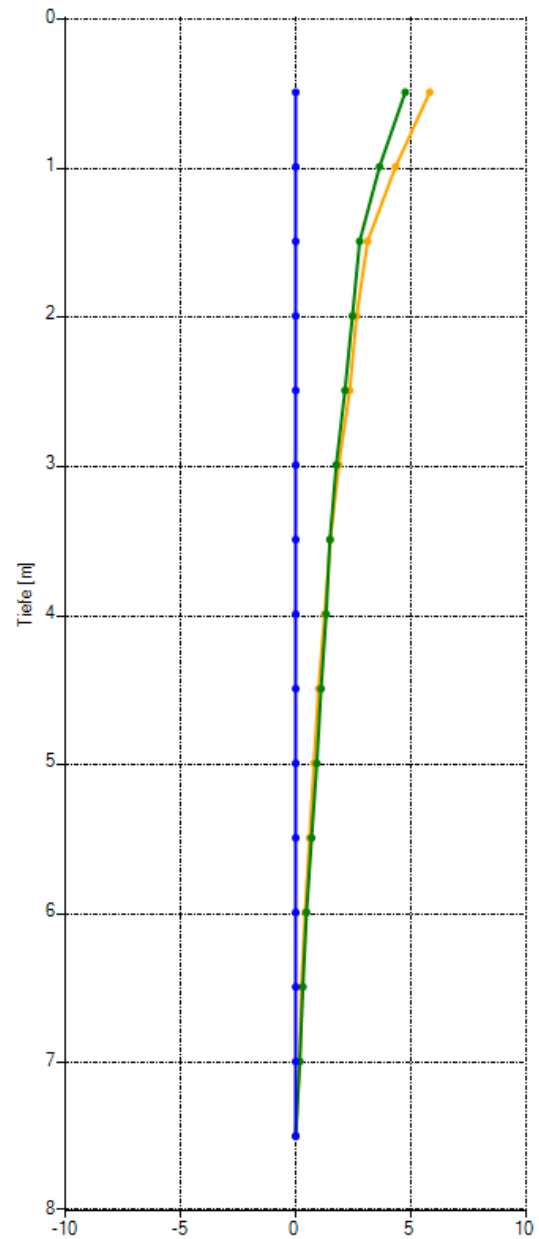
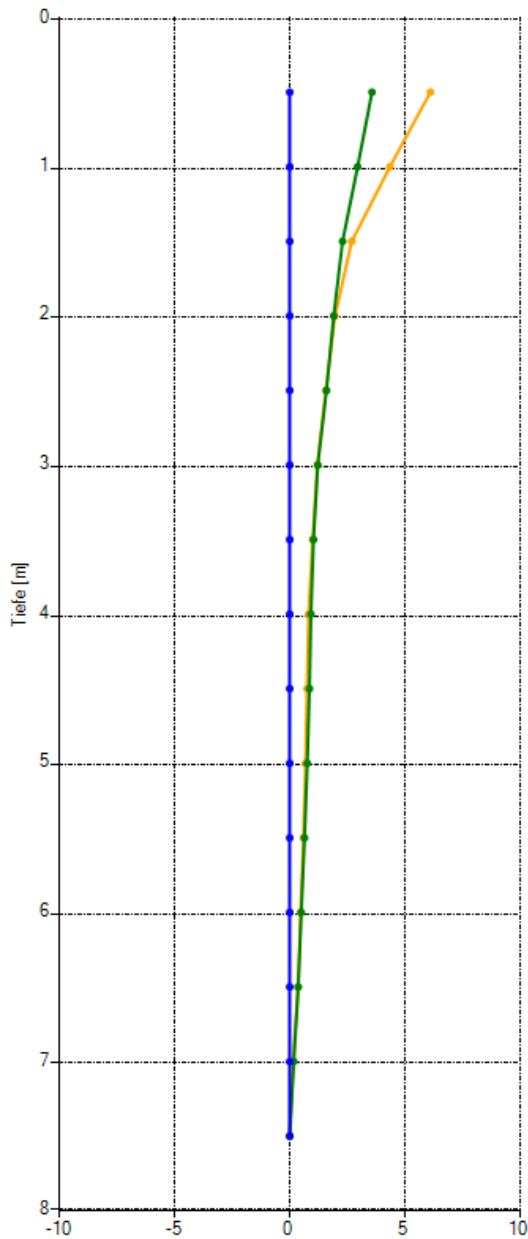


■ 07.05.2020 14:12:00
 ■ 27.10.2020 15:58:00
 ■ 31.03.2021 11:42:00

Messstelle: KB4/20

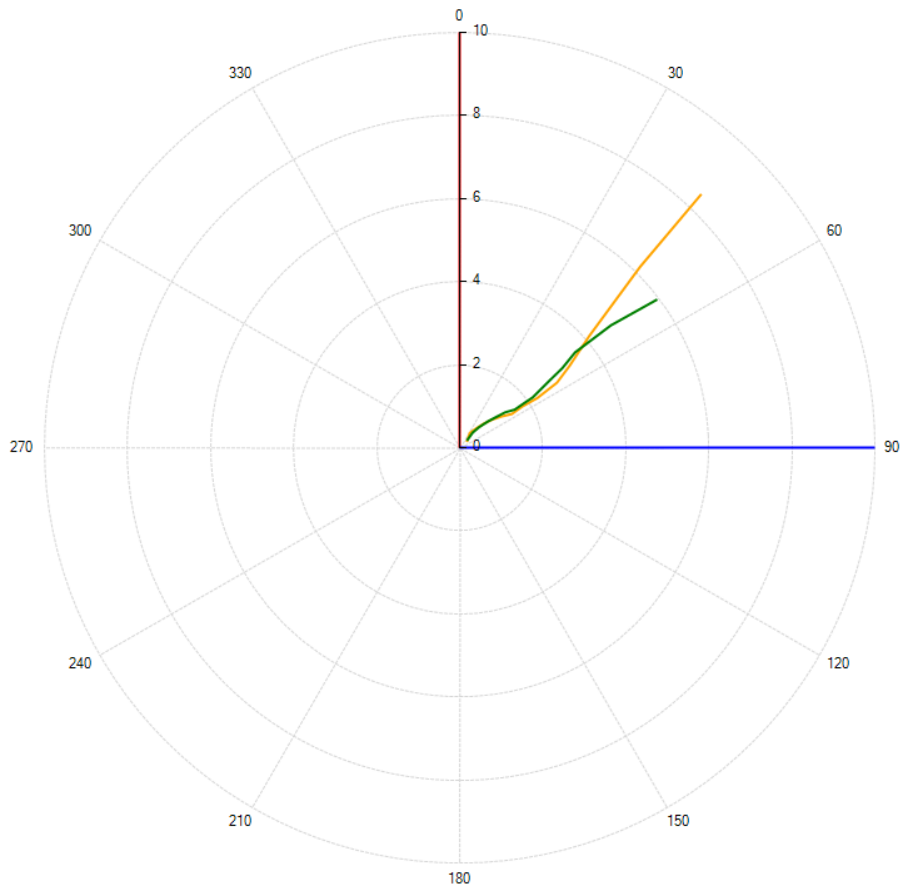
Verschiebung Norden [mm]

Verschiebung Osten [mm]



■ 07.05.2020 15:07:00 ■ 27.10.2020 16:42:00 ■ 31.03.2021 12:31:00

Polardarstellung [mm]



07.05.2020 15:07:00 27.10.2020 16:42:00 31.03.2021 12:31:00

Resultate geodätische Überwachung

1. Folgemessung

Tiefbauamt Kanton St. Gallen

Deformationsauswertung

Bad Ragaz Stützmauer Valurank

Stand 102 = Nullmessung vom 2. Nov. 2020

Stand 104 = 1. Kontrollmessung vom 8. April 2021

			Koordinaten			Verschiebungen						Bemerkung
Punktname	Stand	Datum des Standes				zum vorigen			zum ersten			
			y	x	h	y	x	h	y	x	h	
1.1	102	02.11.2020 10:00	2756902.526	1207144.232	666.429							
	104	08.04.2021 10:00	2756902.527	1207144.234	666.429	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	Körner auf Schacht
2.1	102	02.11.2020 10:00	2756853.483	1207159.722	673.732							
	104	08.04.2021 10:00	2756853.482	1207159.722	673.731	-0.001	0.001	0.000	-0.001	0.001	0.000	Körner auf Schacht
3.1	102	02.11.2020 10:00										
	104	08.04.2021 10:00	2756817.073	1207179.849	675.852							neuer Körner auf Schacht
4.1	102	02.11.2020 10:00	2756963.340	1207111.468	662.149							
	104	08.04.2021 10:00	2756963.340	1207111.472	662.146	0.000	0.004	-0.003	0.000	0.004	-0.003	Körner auf Schacht
1	102	02.11.2020 10:00	2756902.662	1207144.201	666.358							
	104	08.04.2021 10:00	2756902.663	1207144.201	666.358	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Körnerloch auf Inklinometerrohr
2	102	02.11.2020 10:00	2756853.556	1207159.707	673.625							
	104	08.04.2021 10:00	2756853.555	1207159.707	673.624	-0.001	0.000	-0.001	-0.001	0.000	-0.001	Körnerloch auf Inklinometerrohr
3	102	02.11.2020 10:00	2756817.020	1207179.717	675.800							
	104	08.04.2021 10:00	2756817.021	1207179.717	675.799	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	Körnerloch auf Inklinometerrohr
4	102	02.11.2020 10:00	2756963.402	1207111.419	662.096							
	104	08.04.2021 10:00	2756963.402	1207111.421	662.096	0.000	0.002	-0.001	0.000	0.002	-0.001	Körnerloch auf Inklinometerrohr
5	102	02.11.2020 10:00	2756932.585	1207127.834	667.870							
	104	08.04.2021 10:00	2756932.586	1207127.832	667.869	0.000	-0.002	-0.001	0.000	-0.002	-0.001	Körnerloch auf Inklinometerrohr
9011	102	02.11.2020 10:00	2756801.547	1207159.488	679.906							
	104	08.04.2021 10:00										Fixpunkt
9012	102	02.11.2020 10:00	2756790.718	1207183.704	678.378							
	104	08.04.2021 10:00										Fixpunkt
9013	102	02.11.2020 10:00	2756841.772	1207156.630	677.552							
	104	08.04.2021 10:00										Fixpunkt
9014	102	02.11.2020 10:00	2756868.868	1207146.147	675.128							
	104	08.04.2021 10:00										Fixpunkt
9015	102	02.11.2020 10:00	2756894.757	1207137.699	673.017							
	104	08.04.2021 10:00										Fixpunkt
9016	102	02.11.2020 10:00	2756936.185	1207115.773	667.212							
	104	08.04.2021 10:00										Fixpunkt
9017	102	02.11.2020 10:00	2757011.044	1207079.281	659.285							
	104	08.04.2021 10:00	2757011.047	1207079.279	659.280	0.003	-0.002	-0.005	0.003	-0.002	-0.005	Fixpunkt nicht stabil
9018	102	02.11.2020 10:00	2757038.758	1207065.687	656.349							
	104	08.04.2021 10:00										Fixpunkt
9019	102	02.11.2020 10:00	2757063.353	1207082.880	652.010							
	104	08.04.2021 10:00										Fixpunkt
9021	102	02.11.2020 10:00	2756889.532	1207147.356	672.751							
	104	08.04.2021 10:00	2756889.534	1207147.356	672.750	0.002	0.000	-0.001	0.002	0.000	-0.001	Kontrollpunkt Leitplanke
9022	102	02.11.2020 10:00	2756900.530	1207143.709	671.629							
	104	08.04.2021 10:00	2756900.532	1207143.709	671.629	0.002	-0.001	-0.001	0.002	-0.001	-0.001	Kontrollpunkt Leitplanke
9023	102	02.11.2020 10:00	2756915.615	1207138.389	669.880							
	104	08.04.2021 10:00	2756915.617	1207138.387	669.877	0.002	-0.002	-0.003	0.002	-0.002	-0.003	Kontrollpunkt Leitplanke