

Rutschgebiet Lindenhof Sulz, AG

Motivation

- Die Firma Erdgas Ostschweiz AG betreibt Gasleitungen in der Schweiz.
- Eine Gasleitung führt unter anderem durch das Rutschgebiet beim Lindenhof in der Gemeinde Sulz, Kanton Aargau.
- Durch die Rutschungen besteht die Gefahr, dass die Gasleitung berstet und dadurch grossen Schaden verursacht.
- Die Firma Jauslin Söbber AG bekam den Auftrag, das Rutschgebiet zu überwachen.
- Die Grössenordnung der Verschiebungen beträgt wenige Zentimeter pro Jahr.



Abb. 1: Übersicht Rutschgebiet mit dem Baumstumpf-Bogen im Hintergrund (Juli 2022)

Bezugsrahmenübergang mittels Diagnoseausgleichung

- Bei einer Diagnoseausgleichung werden die Rohdaten der Folgemessung 2023 (Drehplatzdaten, Richtungen und Höhenwinkel) sowie die Ausgabeliste der Folgemessung 2022 (Drehplatzdaten, Richtungen und Höhenwinkel) in LV95 ausgeglichen. Die Fixpunkte müssen in LV95 vorliegen. Hierfür werden die GNSS tauglichen Anschlusspunkte neu in vier Sessoren gemessen, um das tachymetrische Netz darauf zu lagern.
- Vorteil einer Diagnoseausgleichung gegenüber der Umwandlung mit Referenz: **Es sind keine Verzerrungen oder Zwänge aus der Dreieckvermessung in den Koordinaten enthalten.**

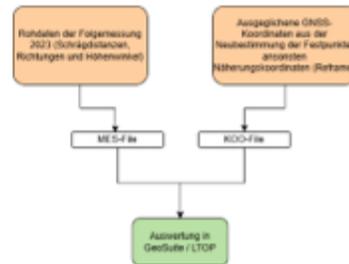


Abb. 4: Input-Output Diagnoseausgleichung

Messkonzept GNSS



Abb. 5: GNSS-Messung bei Überwachungsstelle 1102



Abb. 6: Überwachungsstelle 1070 und 1070G



Abb. 7: Messkonzept GNSS Vermessung 2023

Verschiebungen 2023 - 2024



- Legende:**
- Rote Punkte: Anschluss- und Überwachungspunkte
 - Gezeichnete Vektoren: Verschiebungen Tachy 23 zu GNSS 24
 - Durchgezogene Vektoren: Verschiebungen Tachy 23 zu Tachy 24
 - Blaue Vektoren: Verschiebungen der folgenden Punkte 910034, 1000, 1101, 201501, KB70, KB47, KS480B, 1108, 1109, 1104, 1103
 - Orange Vektoren: Verschiebungen der folgenden Punkte KB470B, KB480R, KB70KL, 200508
- Der Massstab der Verschiebungsvektoren beträgt 5000:1.

Abb. 2: Verschiebungen der Messungen Tachy 23 zu Tachy 24 und Tachy 23 zu GNSS 24

Entscheidungsmatrix

- Die Matrix dient als Entscheidungshilfe für den Entscheid, welches das geeignete Messkonzept (J&S oder BTh02) ist.
- Die Gewichtung wurde eingeführt, damit die Relevanz der einzelnen Kriterien mitberücksichtigt werden kann.



Abb. 10: Chancen und Ziele bei der Entscheidung

Kriterien	Gewicht [0-1]	Messkonzept J&S Tachy-Methode		Messkonzept BTh02 GNSS-Methode	
		Anz. Pkt. [0-10]	Anz. Pkt. mit Gewicht	Anz. Pkt. [0-10]	Anz. Pkt. mit Gewicht
Verschiebungen defektieren	1	10	10,0	10	10,0
Genauigkeit	0,8	10	8,0	7	5,6
Zuverlässigkeit	0,8	6	2,4	10	8,0
Messhäufigkeit	0,6	10	6,0	10	6,0
Messpunktehöhe	0,6	10	6,0	10	6,0
Langfristigkeit	0,7	4	2,8	10	7,0
Risikobewertung	0,7	8	5,6	5	3,5
Unabhängigkeit Fixpunkte	1	0	0,0	10	10,0
Effizienz / Wirtschaftlichkeit	0,6	10	6,0	8	4,8
Bezugsrahmen	0,2	9	1,8	10	2,0
Dokumentation	0,9	10	9,0	10	9,0
Total		87	57,4	100	71,9

Tab. 2: Entscheidungsmatrix mit der Beurteilung des alternativen Messkonzeptes Tachymetrie der Firma Jauslin Söbber AG (J&S) und des neuen Messkonzeptes GNSS der BTh02

Erkenntnisse

Aus der Entscheidungsmatrix geht klar hervor, dass sich die GNSS-Methode als neue Messmethode am besten eignet (gewichtet und ungewichtet).

- Vorteile des neuen GNSS-Messkonzeptes:**
- Unabhängigkeit der Fixpunkte (liegen ausserhalb des Rutschgebietes)
 - Stabilität und Langfristigkeit der Fixpunkte
 - Hohe Zuverlässigkeit (vier Sessoren pro Punkt)
 - Bezugsrahmen LV95/LN02

- Nachteile des neuen GNSS-Messkonzeptes:**
- Geringere empirische Genauigkeit
 - Satellitenempfang und Multipath-Effekte
 - Mehraufwand auf dem Feld (Effizienz / Wirtschaftlichkeit)



Abb. 11: Carmen und Nadia nach dem Über dem Rutschgebiet der Lindenhof-Sulz

Motivation

- Die Firma Erdgas Ostschweiz AG betreibt Gasleitungen in der Schweiz.
- Eine Gasleitung führt unter anderem durch das Rutschgebiet beim Lindenhof in der Gemeinde Sulz, Kanton Aargau.
- Durch die Rutschungen besteht die Gefahr, dass die Gasleitung berstet und dadurch grossen Schaden verursacht.
- Die Firma Jauslin Stebler AG bekam den Auftrag, das Rutschgebiet zu überwachen.
- Die Grössenordnung der Verschiebungen beträgt wenige Zentimeter pro Jahr.



Abb. 1: Übersicht Rutschgebiet mit dem Bauernhof Berghof im Hintergrund (Sutter 2022)

Bisheriges Messkonzept

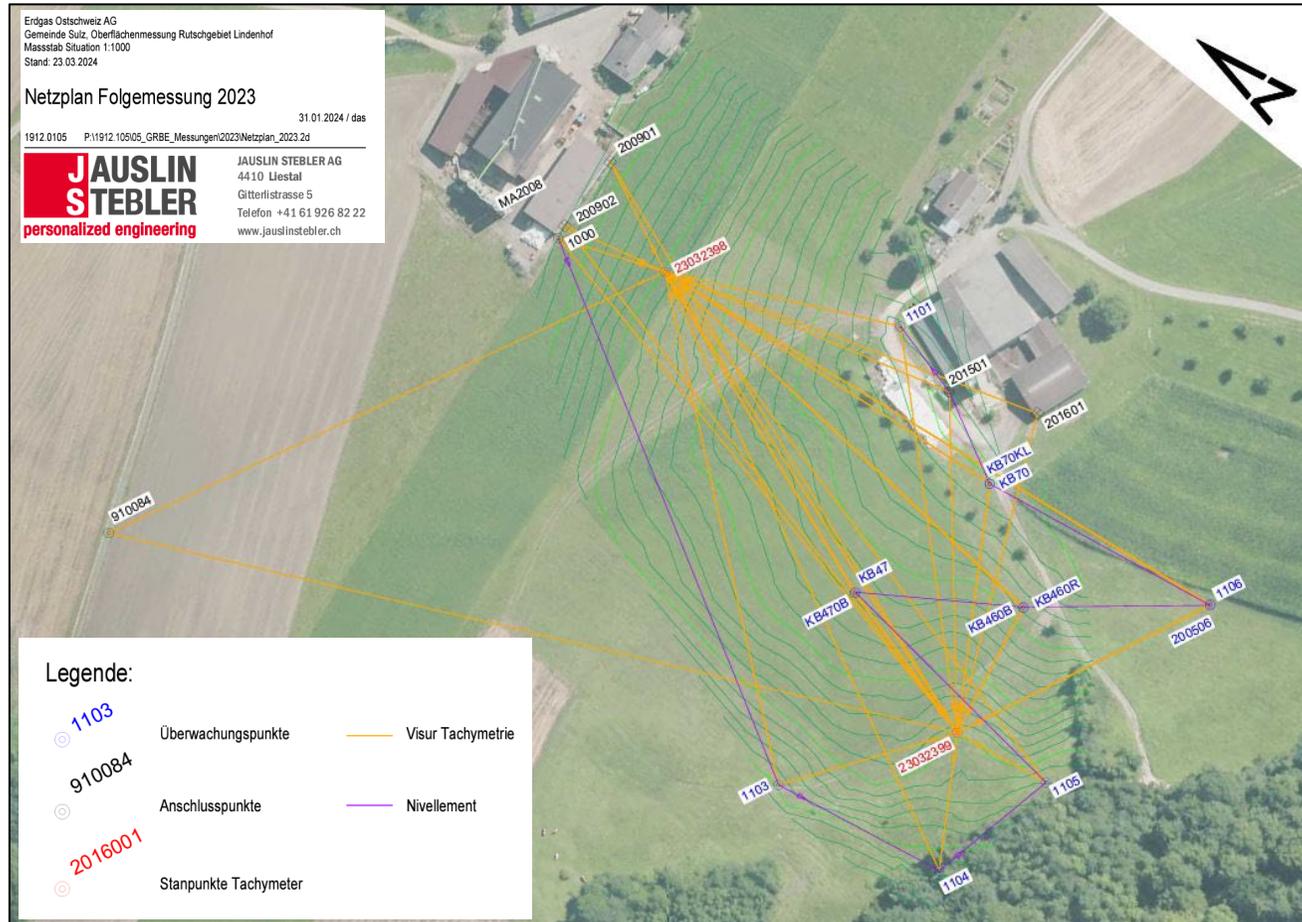


Abb. 2: Netzplan bisheriges Messkonzept J&S (Jauslin Stebler AG 2023)

Die Firma Jauslin Stebler AG (J&S) führt die Überwachungsmessung schon seit über 20 Jahren durch (letzte Messung: 2023).

Probleme / Schwachstellen:

- Die Fixpunkte sind instabil.
- Die Messungen wurden bisher im Bezugsrahmen LV03/LN02 ausgewertet, dieser ist aber nicht mehr zeitgemäss.
- Messmethode: Tachymeter und Nivellement (aufwändig)
- Netzgrösse: 12 Überwachungspunkte, 6 Fixpunkte und 2 Tachymeter-Stationen (nicht versichert)

Ziele BTh02

- Innovatives und ökonomisch interessantes Messkonzept
→ Fokus auf GNSS
- Neues stabiles Fixpunktnetz
- Nullmessung anhand des neuen Messkonzepts
- Folgemessung anhand des bisherigen Messkonzepts von J&S
- Bezugsrahmenwechsel LV03/LN02 zu LV95/LN02
- Verschiebungen 2023 zu 2024
- Softwarevergleich (rmGEO / rmNetz vs. GeoSuite / LTOP)
- Methodenvergleich (Messkonzept Tachymeter / Nivellement vs. Messkonzept GNSS)



Abb. 3: Studentin Nadia Baumann bei der Kontrolle und Justierung der optischen Lote der DreifüÙe

Bezugsrahmenübergang mittels Diagnoseausgleichung

- Bei einer Diagnoseausgleichung werden die Rohdaten der Folgemessung aus dem Jahr 2023 nochmals im Rahmen LV95 ausgeglichen. Die Festpunkte müssen in LV95 vorliegen. Hierfür wurden die GNSS tauglichen Anschlusspunkte neu in vier Sessionen gemessen, um das tachymetrische Netz darauf zu lagern.
- Vorteil einer Diagnoseausgleichung gegenüber der Umwandlung mit Reframe:
Es sind keine Verzerrungen oder Zwänge aus der Dreiecksvermaschung in den Koordinaten enthalten.

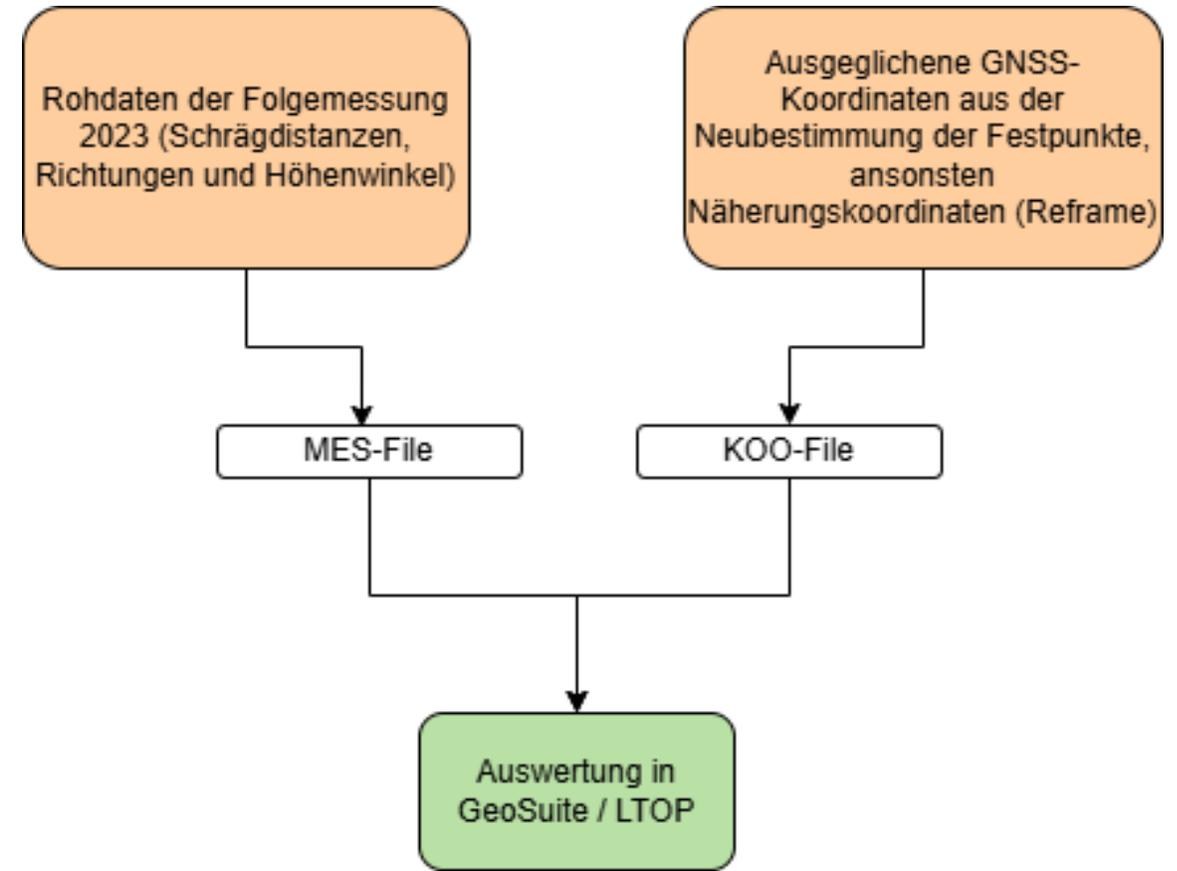


Abb. 4: Input-Dateien für die Diagnoseausgleichung

Messkonzept GNSS



Abb. 5: GNSS-Messung bei Überwachungspunkt 1106



Abb. 6: Überwachungspunkte KB70 und KB70KL

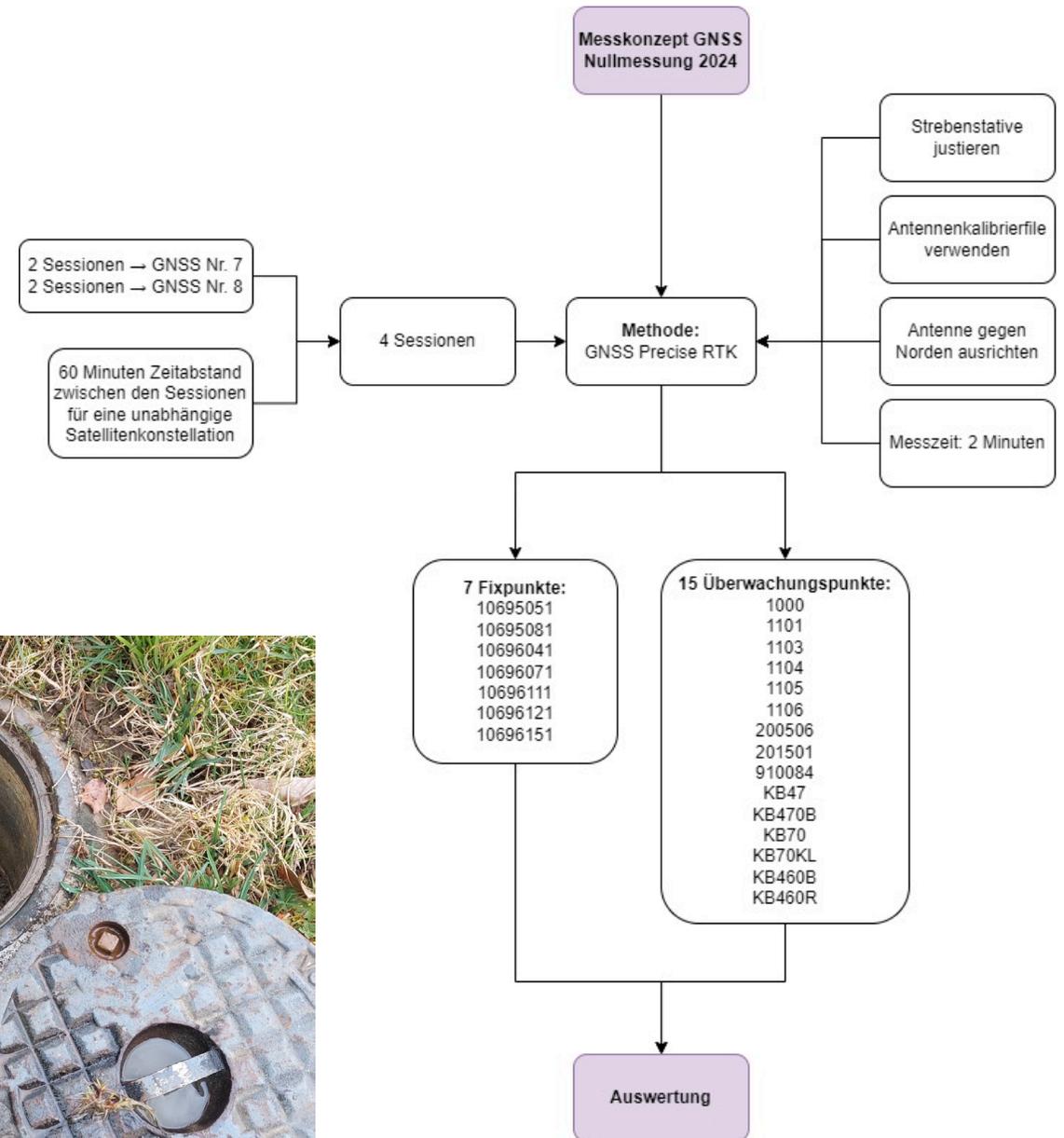


Abb. 7: Messkonzept GNSS Nullmessung 2024

Kriterien neues Fixpunktnetz

- GNSS-Tauglichkeit
- Wirtschaftlichkeitsprinzip
- Verteilung im Raum und Topographie
- Beständigkeit
- Sichtverbindung zum Überwachungsgebiet (optional)

Aus diesen fünf Kriterien ergaben sich sieben Fixpunkte (LFP2) für das neue GNSS-Messkonzept (siehe Abbildung 8).

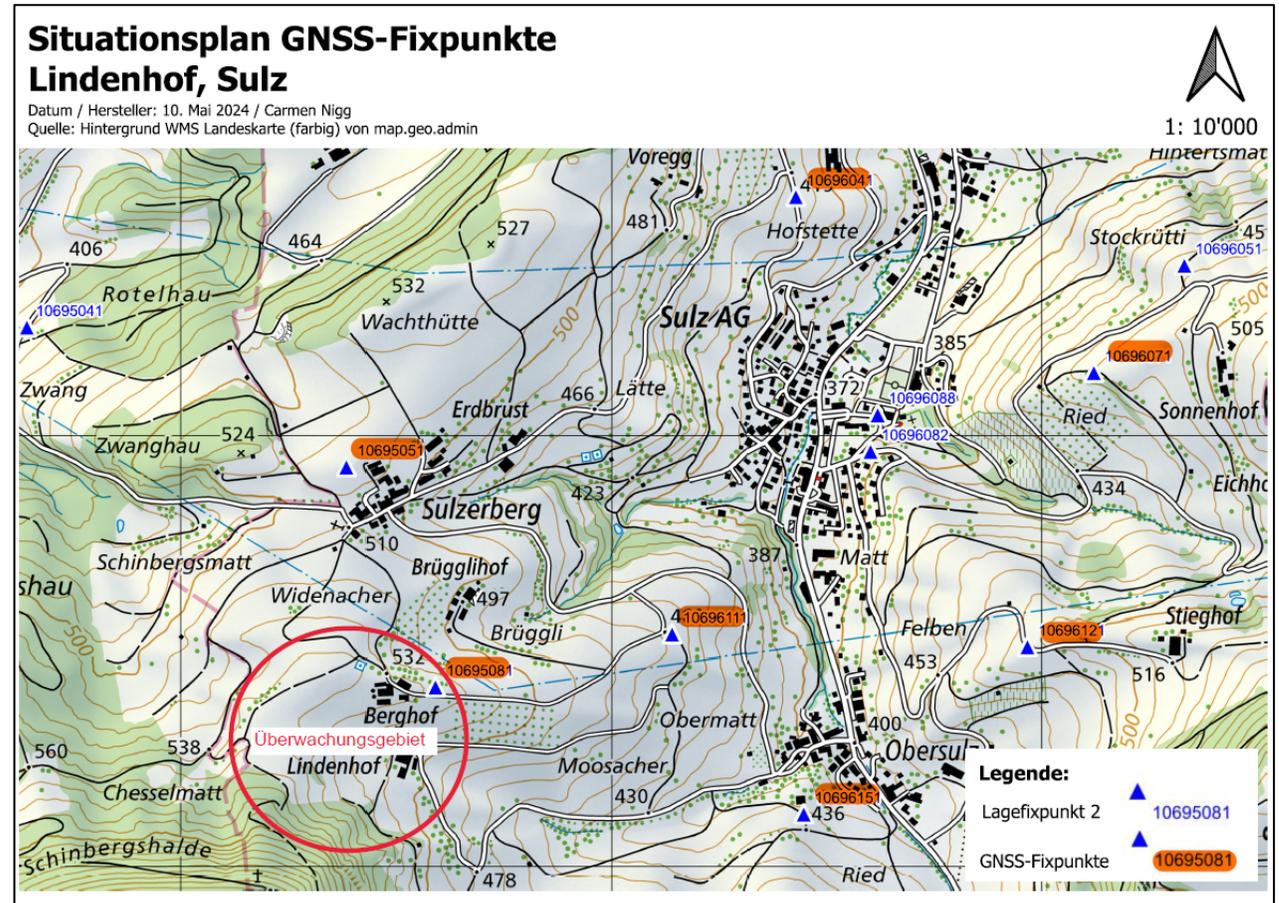
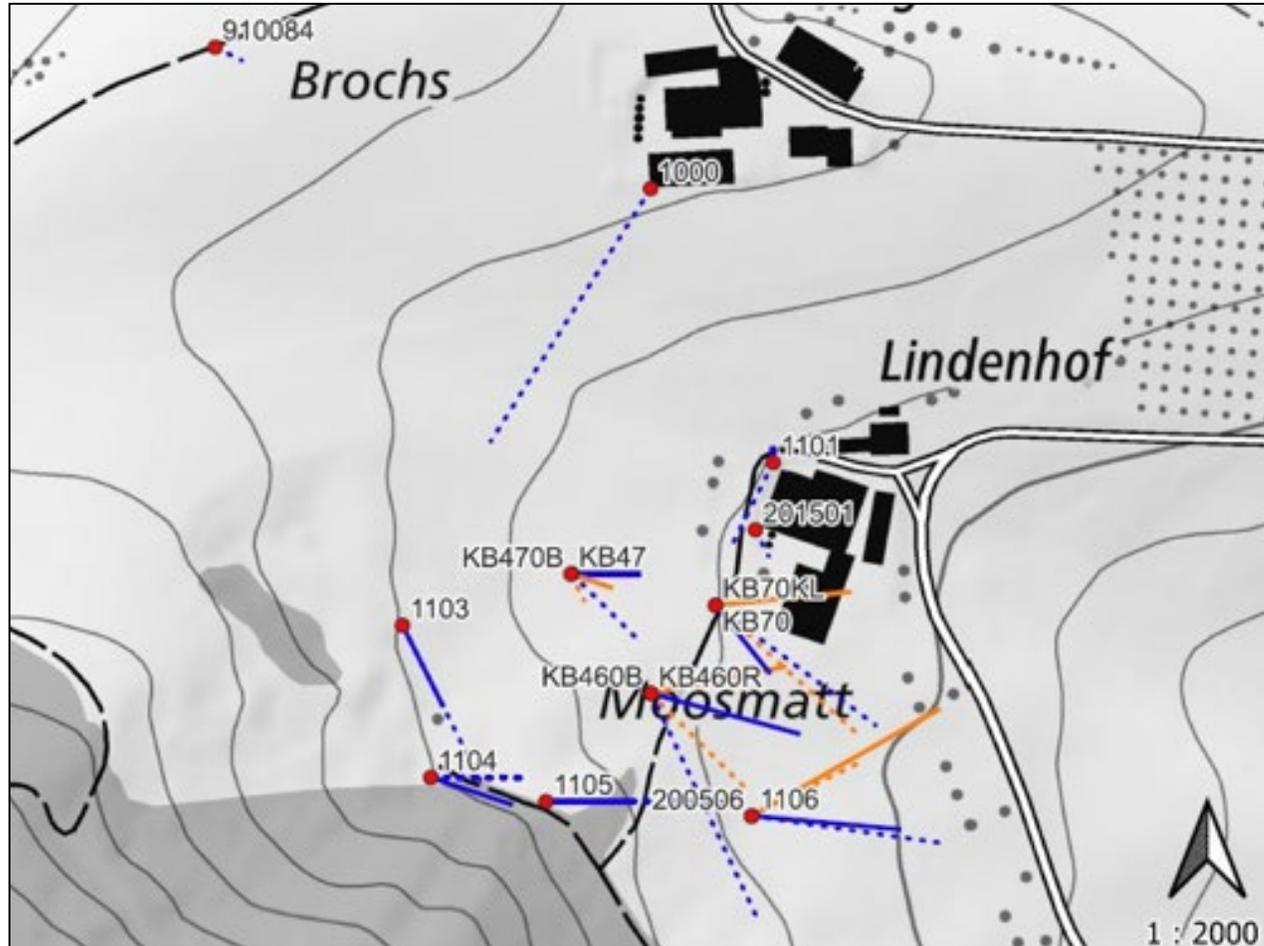


Abb. 8: Situationsplan GNSS-Fixpunkte, Lindenhof Sulz

Verschiebungen 2023 - 2024



Legende:

- Rote Punkte: Anschluss- und Überwachungspunkte
- Gestrichelte Vektoren: Verschiebungen Tachy 23 zu GNSS 24
- Durchgezogene Vektoren: Verschiebungen Tachy 23 zu Tachy 24
- Blaue Vektoren: Verschiebungen der folgenden Punkte 910084, 1000, 1101, 201501, KB70, KB47, KB460B, 1106, 1105, 1104, 1103
- Orange Vektoren: Verschiebungen der folgenden Punkte KB470B, KB460R, KB70KL, 200506

Der Massstab der Verschiebungsvektoren beträgt 5000:1.

Abb. 9: Vektorplan der Verschiebungen «Tachy 23» zu «Tachy 24» und «Tachy 23» zu «GNSS 24»

Vergleich (Netz-) Ausgleichung Tachy 23 vs. GNSS 24

	Tachy 23		GNSS 24	
	Lage	Höhe	Lage	Höhe
Durchschnittliche empirische Genauigkeit	2.0 mm	1.8 mm	4.9 mm	7.5 mm
Äussere Zuverlässigkeit	Nie eingehalten (18 Punkte)	Nie eingehalten (19 Punkte)	1 von 21 Punkten nicht eingehalten	2 von 21 Punkten nicht eingehalten
Signifikantwerte der Verschiebungen zum Niveau 95 %: Tachy 23 zu Tachy 24 Tachy 23 zu GNSS 24	4.7 mm	3.9 mm	10.7 mm	15.5 mm

Tab. 1: Vergleich der beiden Messkonzepte: Tachy 23 (bisher) und GNSS 24 (neu)

Entscheidungsmatrix

- Die Matrix dient als Entscheidungshilfe für den Entscheid, welches das geeignetere Messkonzept (J&S oder BTh02) ist.
- Die Gewichtung wurde eingeführt, damit die Relevanz der einzelnen Kriterien mitberücksichtigt werden kann.



Abb. 10: Carmen und Nadia bei der Entscheidung

Kriterien	Gewicht [0-1]	Messkonzept J&S Tachy-Methode		Messkonzept BTh02 GNSS-Methode	
		Anz. Pkt. [0-10]	Anz. Pkt. mit Gewicht	Anz. Pkt. [0-10]	Anz. Pkt. mit Gewicht
Verschiebungen detektieren	1	10	10.0	10	10.0
Genauigkeit	0.8	10	8.0	7	5.6
Zuverlässigkeit	0.8	6	2.4	10	8.0
Messhäufigkeit	0.6	10	6.0	10	6.0
Messpunktdichte	0.6	10	6.0	10	6.0
Langfristigkeit	0.7	4	2.8	10	7.0
Risikobewertung	0.7	8	5.6	5	3.5
Unabhängigkeit Fixpunkte	1	0	0.0	10	10.0
Effizienz / Wirtschaftlichkeit	0.6	10	6.0	8	4.8
Bezugsrahmen	0.2	9	1.8	10	2.0
Dokumentation	0.9	10	9.0	10	9.0
Total		87	57.6	100	71.9

Tab. 2: Entscheidungsmatrix mit der Beurteilung des bisherigen Messkonzepts Tachymeter der Firma Jauslin Stebler AG (J&S) und des neuen Messkonzepts GNSS der BTh02

Erkenntnisse

Aus der Entscheidungsmatrix geht klar hervor, dass sich die GNSS-Methode als neue Messmethode am besten eignet (gewichtet und ungewichtet).

Vorteile des neuen GNSS-Messkonzepts:

- Unabhängigkeit der Fixpunkte (liegen ausserhalb des Rutschgebiets)
- Stabilität und Langfristigkeit der Fixpunkte
- Hohe Zuverlässigkeit (vier Sessionen pro Punkt)
- Bezugsrahmen LV95/LN02

Nachteile des neuen GNSS-Messkonzepts:

- Geringere empirische Genauigkeit
- Satellitenempfang und Multipath-Effekte
- Mehraufwand auf dem Feld (Effizienz / Wirtschaftlichkeit)



Abb. 11: Carmen und Nadia nach dem Lösen des Problems der nicht fixen Fixpunkte

Bildquellen

- Sutter Daniel 2022: «Übersicht Messgebiet»
- Jauslin und Stebler AG (2023): «Netzplan Folgemessung 2023». Grundlagedokument für die Bachelorarbeit BTh02 Rutschgebiet Lindenhof Sulz, AG Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik FHNW, Muttenz