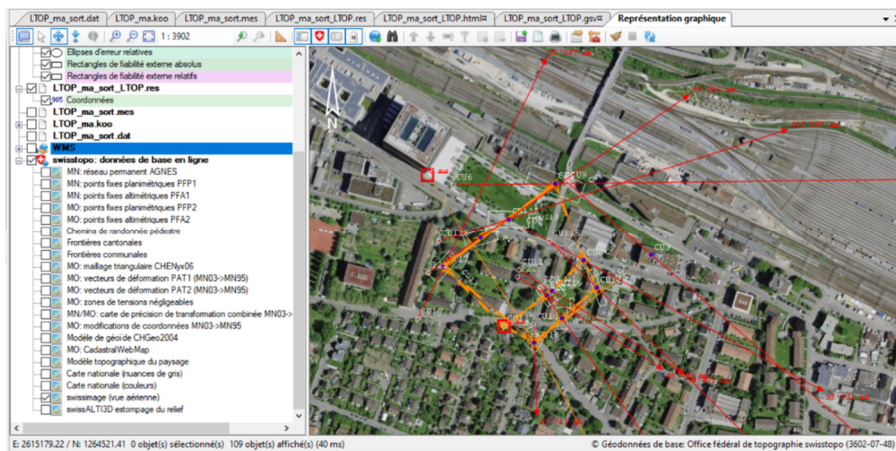


Tutorial GeoSuite – Modul LTOP



Stand: Mai 2024

Sebastian Condamin
Marin Smolik

Titelbild: Grafische Darstellung einer Netzanlage mit dem GeoSuite-Modul LTOP

Impressum

© 2024 Bundesamt für Landestopografie swisstopo

Redaktion:
Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Bereich Vermessung
Seftigenstrasse 264
CH-3084 Wabern

Telefon: +41 58 469 01 11
E-Mail: vermessung@swisstopo.ch



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	2
2. Höhennetz	3
2.1. Input-Daten	3
2.2. Vorbereitung von GeoSuite und Erstellung des Projekts Nr. 1	3
2.3. Minimal gelagerte Berechnung (freies Netz)	4
2.4. Analyse der Ergebnisse der minimal gelagerten Berechnung	12
2.5. Stochastisch gelagerte Berechnung (weiche Lagerung, AP als Beob.)	14
2.6. Analyse der Ergebnisse der stochastisch gelagerten Berechnung	14
2.7. Gezwängt gelagerte Berechnung	14
2.8. Analyse der Ergebnisse der gezwängt gelagerten Berechnung	15
2.9. Abschluss der Berechnung des Höhennetzes	15
3. Tachymetrisches Netz (2+1D)	16
3.1. Input-Daten	16
3.2. Vorbereitung von GeoSuite und Erstellung des Projekts Nr. 2	16
3.3. Prüfen auf grobe Fehler (alles gezwängt)	17
3.4. Analyse der Ergebnisse und Erkennung grober Fehler	26
3.5. Minimal gelagerte Berechnung (freies Netz)	27
3.6. Analyse der Ergebnisse der minimal gelagerten Berechnung	32
3.7. Stochastisch gelagerte Berechnung (weiche Lagerung, AP als Beob.)	34
3.8. Analyse der Ergebnisse der stochastisch gelagerten Berechnung	34
3.9. Gezwängt gelagerte Berechnung	36
3.10. Analyse der Ergebnisse der gezwängt gelagerten Berechnung	37
3.11. Abschluss der Berechnung des tachymetrischen Netzes	37
4. Kombiniertes Netz (Tachymetrie und GNSS; 2+1D)	38
4.1. Input-Daten	38
4.2. Vorbereitung von GeoSuite und Erstellung des Projekts Nr. 3	38
4.3. Minimal gelagerte Berechnung (freies Netz)	39
4.4. Analyse der Ergebnisse der minimal gelagerten Berechnung	49
4.5. Stochastisch gelagerte Berechnung (weiche Lagerung, AP als Beob.)	51
4.6. Analyse der Ergebnisse der stochastisch gelagerten Berechnung	52
4.7. Gezwängt gelagerte Berechnung	53
4.8. Analyse der Ergebnisse der gezwängt gelagerten Berechnung	54
4.9. Abschluss der Berechnung des kombinierten Netzes	54
Literaturverzeichnis	56
Abbildungsverzeichnis	57
Tabellenverzeichnis	59



1. Einleitung

Dieses Tutorial wurde mit GeoSuite 1.6 Version 1.6.4351 (27.06.2023) - x64 entwickelt und auf die Version 1.6.4675 (16.05.2024) aktualisiert. Eine erste Version dieses Dokuments wurde von Smolik (2023) in französischer Sprache für eine Weiterbildungsveranstaltung erstellt, welche von der HEIG-VD und von swisstopo angeboten wurde. Um das Dokument auch für weitere Veranstaltungen nutzen zu können, wurde es ins Deutsche übersetzt.

Dieses Tutorial bietet einen Einstieg in die Verwendung der grafischen Benutzeroberfläche des Berechnungsmoduls LTOP von GeoSuite. Es können drei verschiedene Netzausgleichungen Schritt für Schritt durchgearbeitet werden (reines Höhennetz, tachymetrisches Netz, Kombinetz Tachymetrie + GNSS). Die dazugehörigen Daten dürfen nur zu Schulungszwecken verwendet werden. Für die Richtigkeit der Datensätze und Beispiele wird keine Gewähr übernommen.

In diesem Tutorial wird auf bestimmte Funktionen von GeoSuite detaillierter eingegangen. Einen Überblick über sämtliche Funktionen bietet das entsprechende Manual von Condamin, Guerdat, Marti, and Ray (2022). Das Manual ist direkt in GeoSuite aufrufbar unter «?» → «Benutzerhandbuch». Für gewisse Spezialfälle kann evtl. auch das Originalmanual von LTOP von Gubler (2002) interessant sein.

Die in diesem Tutorial vorgestellten Lösungen dienen hauptsächlich dazu, bestimmte Fälle zu veranschaulichen und sich mit der Verwendung des LTOP-Moduls in GeoSuite vertraut zu machen. Es ist wichtig zu beachten, dass es verschiedene Parameterlösungen gibt, um ein geodätisches Netzwerk zu auszugleichen. Es sind somit durchaus auch andere, ebenfalls korrekte, Lösungen denkbar.

Für die Arbeit mit den Modulen REFRAME und TRANSINT ist ein separates Tutorial vorhanden (Condamin, 2023).



2. Höhennetz

Ziel dieses Kapitels ist es, ein einfaches Höhennetz auszugleichen. Es sind ausschliesslich Nivellement-Messungen vorhanden. Hier gilt es, die Berechnungsschritte nacheinander fachgerecht durchzuführen und die Ergebnisse zu analysieren.

Hier kurz einige Informationen zum Hintergrund des Netzes und den verwendeten Daten:

Es handelt sich um ein reines Höhennetz, welches mit Präzisionsnivellement gemessen wurde. Die Höhenänderungen der überwachten Punkte sollen mit hohem Konfidenzniveau bestimmt werden. Zu diesem Zweck werden drei Berechnungen nacheinander durchgeführt (minimal gelagert, stochastisch gelagert und gezwängt gelagert). Das Netz verfügt über zwei Referenzpunkte / Fixpunkte (D1V6094 und 44) mit einer bekannten Genauigkeit von 0.7 mm. Die Nivellementmessungen wurden mit dem Modul LNAUS bereits vorprozessiert und es liegt bereits eine LTOP-Messdatei vor.

2.1. Input-Daten

Es sind folgende Daten vorhanden:

- Datei mit Lagekoordinaten und Höhen über dem Geoid «20230629_GeoS_Form_n1.koo»
- Datei mit den Beobachtungen «20230629_GeoS_Form_n1.mes»

2.2. Vorbereitung von GeoSuite und Erstellung des Projekts Nr. 1

- GeoSuite starten
- evtl. das Layout der Symbolleisten zurücksetzen
Registerkarte «Ansicht» / «Symbolleisten» / «Symbolleisten in den Ursprungzustand zurücksetzen»
- Ein neues Projekt erstellen:
 - Symbol «Neues Projekt» 
 - Speicherort des Projekts wählen
 - Projektnamen vergeben, z. B. «Projekt_1.gsp»

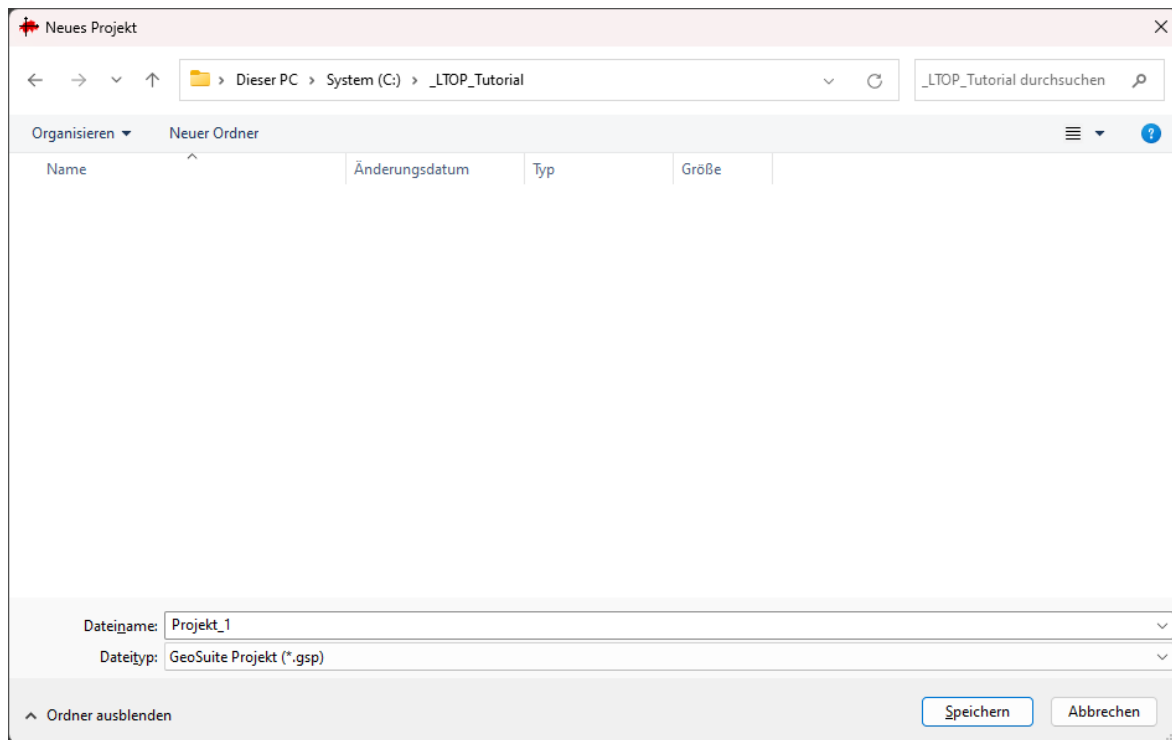


Abbildung 2-1: Erstellung des Projekts 1

- Die Koordinaten- und Messdateien per Drag & Drop in das Anzeigefenster von GeoSuite ziehen.
- Der Ordner « ...\\Projekt_1\\data» wird automatisch erstellt und enthält die beiden Dateien.

Um Datenverluste vorzubeugen, sollte das Projekt von Zeit zu Zeit gespeichert werden:



2.3. Minimal gelagerte Berechnung (freies Netz)

- Konfiguration der Ausgleichung mithilfe der neuen grafischen Benutzeroberfläche
 - Symbol «LTOP» → «Definieren...»
- Allgemeine Angaben:
 - Ein Name für den Berechnungsdatensatzes ist in diesem Zusammenhang nicht zwingend.
 - Den entsprechenden Anwendungsbereich / Vermessungstyp wählen:
 - «Anwendung / Vermessungstyp» → «Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2)»



- Registerkarte «Ausgleichungstyp und Konfiguration»
 - Ausgleichungstyp Lage wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «keine»
 - Zeile «Präanalyse»: bleibt inaktiv/grau
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: bleibt inaktiv/grau
 - Ausgleichungstyp Höhe wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «frei (minimales Datum)»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Der Abschnitt «Definition der freien Ausgleichung» wird in diesem Zusammenhang nicht benötigt (nur Nivellementmessungen vorhanden).
 - Stoppkriterien
 - Zeile «Maximale Anzahl der Iterationen»: 10
 - Zeile «Abbruchschranke [mm]»: 0.1

Name des Berechnungsdatensatzes:

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration | Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte | Funktionales Modell | Stochastisches Modell | Qualität / Zuverlässigkeit | Protokoll / Ausgabe

Lage: Höhe:

Ausgleichungstyp

Ausgleichungstyp: Keine frei (minimales Datum)

Präanalyse ☐

Robuste Ausgleichung / Koeffizient: ☐ 0 ☐ 0

Definition der freien Ausgleichung

☐ Separate .MES-Datei: C:\LTOP_Tutorial\Projekt_1\data\20230629_GeoS_Form_n1_frei.mes

☐ Automatisch .MES-Datei generieren und Kontrollpunkte setzen:

Definitionsmodus: ☐ ☐

Festpunkt-Name: ☐ ☐

Fiktives Referenzazimut zum Punkt: ☐ ☐

Typ / Wert [g]: ☐ 0.0

Hinweis: die Koordinatendatei muss zuerst unter Registerkarte "Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte" definiert werden

Stoppkriterien

Maximale Anzahl der Iterationen: 10 10

Abbruchschranke [mm]: 0.1 0.1

Erweiterte Optionen

☐ Erweiterte Überprüfung der Plausibilität von Parametern (Koordinaten, Beobachtungen, Gruppen, GNSS usw.) deaktivieren

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 2-2: Ausgleichungstyp und Konfiguration der freien Ausgleichung des Projekts 1



- Registerkarte «Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte»

- Auswahl der Koordinatendatei, die verwendet werden soll (Datei aus der Liste auswählen oder mit dem Ordnersymbol):

Koordinatendatei
C:_LTOP_Tutorial\Projekt_1\data\20230629_GeoS_Form_n1.koo

- ggf. mit dem Aktualisierungssymbol die Liste der Punkte aktualisieren

- «Projektionssystem»:

- Zeile «Bezugssystem»: «CH (LV95)»

- «Ursprungspunkt»:

- Zeile «Name»: NULLBERN

- «Koordinaten»

- «Festwerte»

- Ost: 2600000

- Nord: 1200000

- Höhe: 0

- «Fest- und variable Punkte»: Einen einzelnen Punkt als Höhenfestpunkt wählen

Hier den Punkt «D1V6094» oder «44» verwenden

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z. B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration | **Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte** | Funktionales Modell | Stochastisches Modell | Qualität / Zuverlässigkeit | Protokoll / Ausgabe

Koordinatendatei
C:_LTOP_Tutorial\Projekt_1\data\20230629_GeoS_Form_n1.koo

Projektionssystem
Bezugssystem: CH (LV95): Schw
Referenz-Ellipsoid: BESSEL 1841
Grosse Halbachse (a) [m]: 6377397.155
Quadrat der 1. Exzentrizität: 0.006674372231

Ursprungspunkt
Name: NULLBERN
Koordinaten:
☐ Schwerpunkt (aller Fest- und variablen Punkte)
☒ Festwerte:
Ost (E/y) [m]: 2600000.0000
Nord (N/x) [m]: 1200000.0000
Höhe (H/h) [m]: 0.0000

Fest- und variable Punkte

	Name	Festpunkt in der Lage	Festpunkt in der Höhe
1	44	☒	☐
2	100	☒	☐
3	T0V6	☒	☐
4	T4HS	☒	☐
5	MTTIN	☒	☐
6	T0V35	☒	☐
7	T0V36	☒	☐
8	T0V39	☒	☐
9	T0V42	☒	☐
10	T0V46	☒	☐
11	D1V6084	☒	☐
12	D1V6094	☒	☒
13	MTTIT5V	☒	☐

13 / 13 Festpunkte in der Lage
1 / 13 Festpunkte in der Höhe

Suchen... Punktliste bearbeiten...

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 2-3: Datumsdefinition und Wahl Festpunkte für Projekt 1



- Registerkarte «Funktionales Modell»: Die Optionen dieser Registerkarte werden für diese Berechnung nicht benötigt.
- Sollte bei den GNSS-Sessionsparametern eine leere Zeile vorhanden sein, sollte diese gelöscht werden.

The screenshot shows the LTOP software window. At the top, there's a title bar with 'LTOP' and standard window controls. Below it is a text field for 'Name des Berechnungsdatensatzes:'. A dropdown menu for 'Anwendung / Vermessungstyp:' is set to 'Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2)', with a hint 'z. B. Deformationsmessung'. A series of tabs are visible: 'Ausgleichungstyp und Konfiguration', 'Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte', 'Funktionales Modell' (which is selected), 'Stochastisches Modell', 'Qualität / Zuverlässigkeit', and 'Protokoll / Ausgabe'. Under the 'Funktionales Modell' tab, there's a section 'Optionale Parameter' with two checkboxes: 'Azimut-Reduktion (Reduktion wegen Zielpunkthöhe und Reduktion des ellipsoidischen Richtungswinkels in die Projektionsebene)' and 'Lotabweichungen und Geoidundulationen berücksichtigen'. Below these is a 'Distanzreduktion:' label and a dropdown menu set to 'Ausschliesslich mit (a priori) Höhen'. The 'GNSS-Sessionsparameter' section contains a table with columns: Name, dE, dN, rH, Massstab Lage, dH, rN, rE, Massstab Höhe, and Beschreibung / Kommentar. The table is currently empty. At the bottom of the table area are buttons 'Hinzufügen' and 'Löschen'. Below the table area are three buttons: 'Aus .MES-Datei generieren' and 'GNSS-Parameterliste bearbeiten...'. At the very bottom of the window are buttons 'Zurücksetzen', 'Importieren...', 'Exportieren...', 'OK', and 'Abbrechen'.

Name	dE	dN	rH	Massstab Lage	dH	rN	rE	Massstab Höhe	Beschreibung / Kommentar
------	----	----	----	---------------	----	----	----	---------------	--------------------------

Abbildung 2-4: Funktionales Modell für Projekt 1



- Registerkarte «Stochastisches Modell»:
 - Die Unterkarte «Lage» ist gesperrt, weil eine reine Höhenausgleichung gewählt wurde.
 - Unterkarte «Höhe»:
 - Auswahl der allgemeinen (theoretischen) Standardabweichungen:
 - Höhenwinkel [cc]: für diese Berechnung nicht benötigt
 - Distanzen zu normal signal. Punkten: für diese Berechnung nicht benötigt
 - Distanzen zu Hochzielpunkten [mm]: für diese Berechnung nicht benötigt
 - Höhendifferenz von 1km Nivellement: 0.2
 - GNSS-Höhen [mm]: für diese Berechnung nicht benötigt
 - IH - SH zu normal signal. Punkten [mm]: für diese Berechnung nicht benötigt
 - IH - SH zu Hochzielpunkten [mm]: für diese Berechnung nicht benötigt
 - Gegenseitige Höhenwinkelmessungen: für diese Berechnung nicht benötigt
 - Refraktion: für diese Berechnung nicht benötigt

The screenshot shows the LTOP software window with the 'Stochastisches Modell' tab selected. The 'Höhe' sub-tab is active, displaying the following settings:

Allgemeine (theoretische) Standardabweichungen	
Höhenwinkel [cc]:	10
Distanzen zu normal signal. Punkten	14
Distanzen zu Hochzielpunkten [mm]:	28
Höhendifferenzen von 1km Nivellement	0.2
GNSS-Höhen [mm]:	10
IH - SH zu normal signal. Punkten [mm]	5
IH - SH zu Hochzielpunkten [mm]	10
Festpunkte-Höhen [mm]:	10.00

Below this, the 'Gegenseitige Höhenwinkelmessungen' section shows 'Verarb. der gegenseit.' set to 'einzeln (G): Gege' and 'Faktor für einseitige Höhenbestimmung' set to 1.732.

The 'Refraktion' section shows 'Koeffizient (Konstante):' set to 0.13 and 'Standardabweichung:' set to 0.06.

At the bottom, there are buttons for 'Zurücksetzen', 'Importieren...', 'Exportieren...', 'OK', and 'Abbrechen'.

Abbildung 2-5: Stochastisches Modell für die minimal gelagerte Ausgleichung von Projekt 1



- Registerkarte «Qualität / Zuverlässigkeit»:

- Wahl Konfidenzniveau: « $2.45\sigma = 95\%$ in der Lage / $1.96\sigma = 95\%$ in der Höhe»
- «Ämtliche Vermessung»: für diese Berechnung nicht benötigt
- Innere Zuverlässigkeit → Grenzwerte → Lage: bleibt inaktiv / grau
- Innere Zuverlässigkeit → Grenzwerte → Höhe:
 - Normierte Verbesserung (wi): 2.5
 - Chiquadrat-Test (χ^2) [%]: 20
 - Wahrscheinlichkeit Risiko 2. Art (β): 5
- Äussere Zuverlässigkeit → Berechnungsmethode:
«für alle variablen Punkte: Zuverlässigkeitsrechtecke (A)»
- Relative «Fehler» / Konfidenzwerte und Zuverlässigkeit: für diese Berechnung nicht benötigt

The screenshot shows the LTOP software interface with the 'Qualität / Zuverlässigkeit' tab selected. The interface is organized into several sections:

- Name des Berechnungsdatensatzes:** A text input field.
- Anwendung / Vermessungstyp:** A dropdown menu set to 'Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2)'.
- Ausgleichstyp und Konfiguration:** A tabbed interface with 'Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte', 'Funktionales Modell', 'Stochastisches Modell', 'Qualität / Zuverlässigkeit' (selected), and 'Protokoll / Ausgabe'.
- Konfidenzniveau:** A dropdown menu set to '2.45 σ = 95% in der Lage / 1.96 σ = 95% in der Höhe'.
- Ämtliche Vermessung:** A section with a checkbox 'AV93-Zuverlässigkeit überprüfen' (unchecked), a 'Toleranzstufe' dropdown set to '2: Überbaute Gel', and a 'Punktkategorie' dropdown set to 'LFP3 (3)'. There is also a 'z.B. Deformationsmessung' label.
- Innere Zuverlässigkeit:** A section with 'Grenzwerte' for 'Lage' and 'Höhe'. The 'Höhe' section has input fields for 'Normierte Verbesserung (wi): 2.5', 'Chiquadrat-Test (χ^2) [%]: 20', and 'Wahrscheinlichkeit Risiko 2. Art (β): 5'. The 'Lage' section is currently inactive.
- Äussere Zuverlässigkeit:** A section with 'Berechnungsmethode' set to 'für alle variablen Punkte: Zuverlässigkeitsrechtecke (A)'.
- Relative Fehler und Zuverlässigkeit:** A section with two sub-sections: 'Relative empirische Konfidenzwerte (1 sigma)' and 'Relative Zuverlässigkeits-Rechtecke'. Each has input fields for '1. variabler Punkt' and '2. variabler Punkt', and buttons for 'Hinzufügen...', 'Löschen', and 'Liste bearbeiten'.
- Buttons:** 'Zurücksetzen', 'Importieren...', 'Exportieren...', 'OK', and 'Abbrechen' are located at the bottom.

Abbildung 2-6: Qualität und Zuverlässigkeit für die minimale gelagerte Ausgleichung des Projekts 1



- Registerkarte «Protokoll / Ausgabe»:

- Zeile «Titel-Zeile 1»: Titel definieren, z. B. «GeoSuite-Kurs, 06.06.2024 – Nivellementnetz»
- Zeile «Titel-Zeile 2»: Titel definieren, z. B. «Minimal gelagert auf D1V6094»
- Zeile «Normalgleichungs-Matrizen (AtA) speichern»: nicht aktivieren
- Zeile «Varianz-Kovarianzmatrizen (Qxx) speichern»: nicht aktivieren
- Zeile «Koeffizientenmatrix (A) speichern»: nicht aktivieren
- Internationales Einheitensystem für Richtungen / Winkel verwenden (mgon statt cc): nicht aktivieren
- Zeile «Zusätzlich textbasierter Bericht im alten Format generieren (.pm)»: aktivieren
 - Ausgangssprache: Deutsch
 - Zeilen pro Seite: 85

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z. B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration | Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte | Funktionales Modell | Stochastisches Modell | Qualität / Zuverlässigkeit | **Protokoll / Ausgabe**

Layout- und Inhaltsoptionen

Titel-Zeile 1: GeoSuite-Kurs, 30.11.2023 - Nivellementnetz

Titel-Zeile 2: Minimal gelagert auf D1V6094

☐ Normalgleichungs-Matrizen (AtA) speichern

☐ Varianz-Kovarianzmatrizen (Qxx) speichern

☐ Koeffizientenmatrix (A) speichern

☐ Internationales Einheitensystem für Richtungen/Winkel verwenden (mgon anstatt cc)

☒ Zusätzlich textbasierter Bericht im alten Format generieren (.pm)

Ausgangssprache: Deutsch

Zeilen pro Seite: 85

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 2-7: Protokoll / Resultate für minimal gelagerte Ausgleichung Projekt 1



- Eingegabene Parameter prüfen und mit «OK» bestätigen
- Abschnitt «Berechnungsparameter»
 - Zeile «Datei mit Koordinatenänderungen generieren»: aktivieren
- Abschnitt «Anwenden an»: Messdatei auswählen
- Berechnung starten mit «Durchführen»

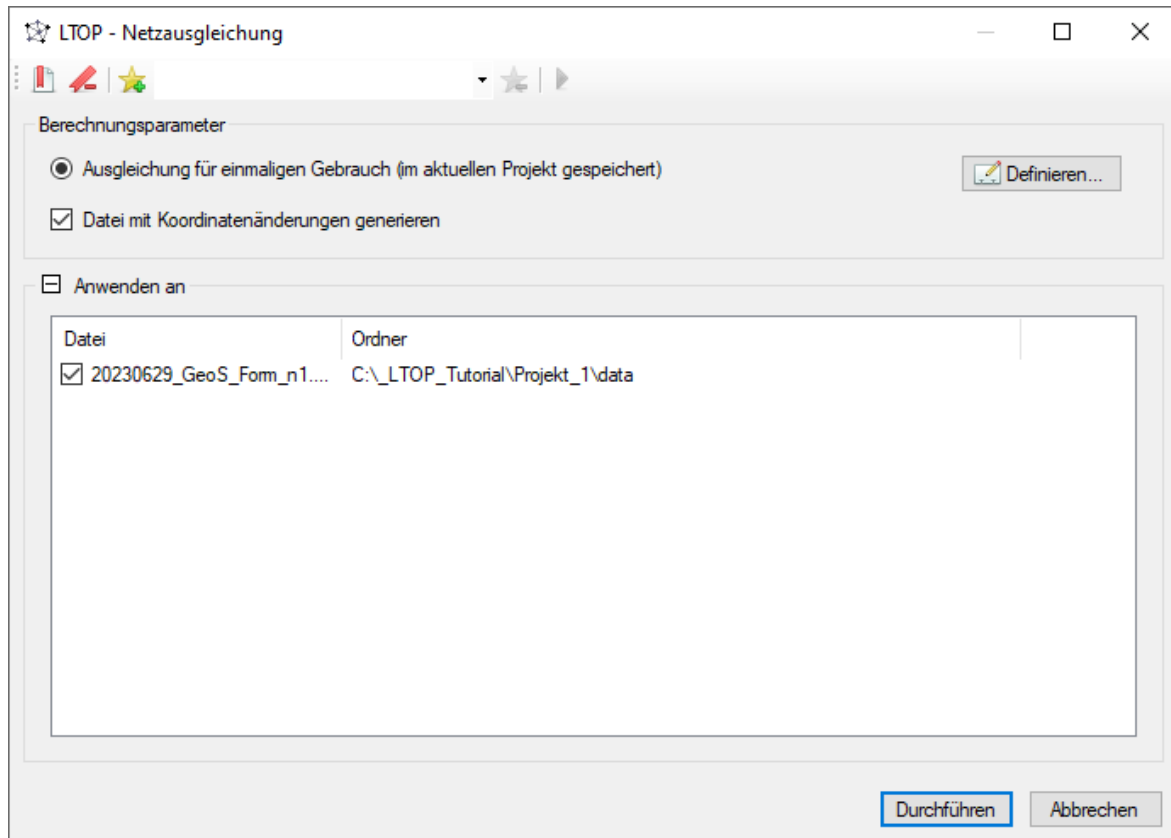


Abbildung 2-8: Starten der minimal gelagerten Berechnung für Projekt 1

Es erscheint ein Fenster mit Informationen über die Ausführung der Berechnung.

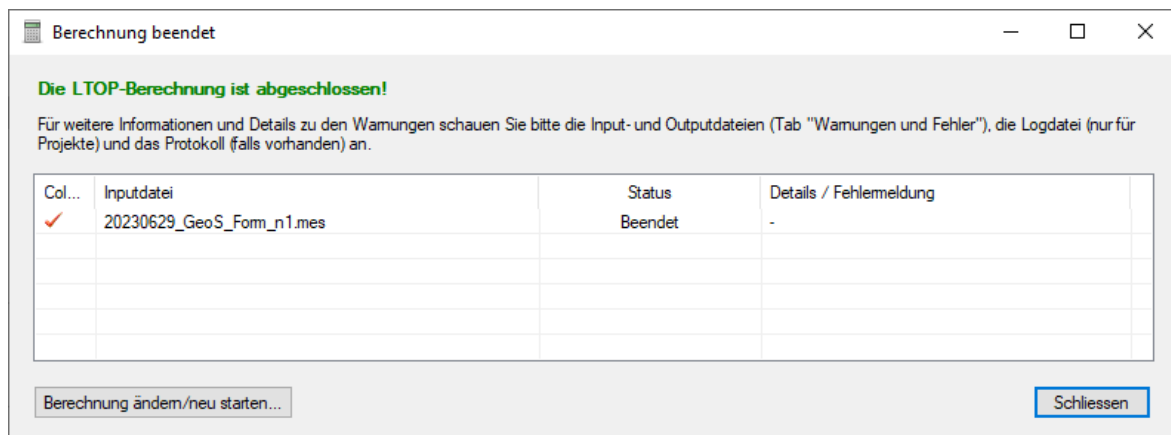


Abbildung 2-9: Berechnung der minimal gelagerten Auswertung für Projekt 1 ist in Ordnung



2.4. Analyse der Ergebnisse der minimal gelagerten Berechnung

Die Ausführung der Berechnung erzeugt verschiedene neue Dateien im Ordner «...\Projekt_1\calc\LTOP\0001». Die wichtigsten Dateien sind im Projektbereich sichtbar. Es handelt sich um eine Resultatdatei «20230629_GeoS_Form_n1_LTOP.res», eine Koordinatendifferenzdatei «20230629_GeoS_Form_n1_LTOP.csv» und einen Berechnungsbericht im HTML-Format (ist auch als pdf vorhanden).

Das Ziel einer minimal gelagerten / freien Ausgleichung ist es, die Beobachtungen auf grobe Fehler zu prüfen. Daher muss ein besonderes Augenmerk auf die Indikatoren für die lokale Zuverlässigkeit z_i [%], die normierten Residuen w_i [-] und auf die Quotienten gelegt werden. So können falsche Beobachtungen entfernt und ein realistisches stochastisches Modell erstellt werden.

Im Abschnitt «Höhenabriss» des Berechnungsprotokolls sind drei Beobachtungen mit zu grossen normierten Verbesserungen w_i vorhanden. Die Beobachtung mit dem höchsten w_i befindet sich in Zeile 19 des Protokolls (Messung von MTTIN auf TOV42). Diese Messung wurde zweimal durchgeführt und wir können davon ausgehen, dass sie versehentlich wiederholt wurde. Um es zu eliminieren, ohne es zu löschen, müssen wir ihm einen mittleren Fehler von 9999 [mm] geben. Zu diesem Zweck kann wie folgt vorgegangen werden:

- Öffnen der Messdatei (Doppelklick auf die Datei im Projektbereich)
- In Zeile 39 den Wert «mF [mm]/[cc]» auf 9999 setzen (manuell eingeben oder Rechtsklick und «Beobachtung eliminieren»):

20230629_GeoS_Form_n1.mes*										
20230629_GeoS_Form_n1_LTOP.res										
20230629_GeoS_Form_n1_LTOP.h...										
Grafische Darstellung										
(0s)	Datei...	Titel								
1	\$\$ME	MESSDATEN: PROG.LNAUS: LN 99								
	Typ	Station Name	Typ / Epoche	Wetter	Gen. mF Ri...	Allg...	Instr.-Höhe...	Feldbuch	Beob. / Datum	Zentrierfehl...
36	ST	MTTIN						LNAUS	smm23 427	
	Typ	Punktname (Ziel)	Typ / Epoche	Messwert	mF [mm]/[cc]	Beo...	Instr.-Höhe...	Signalhöhe...		Zentrierfehl...
37	DH	TOV42		-2.93037	0.100					
	Typ	Station Name	Typ / Epoche	Wetter	Gen. mF Ri...	Allg...	Instr.-Höhe...	Feldbuch	Beob. / Datum	Zentrierfehl...
38	ST	MTTIN						LNAUS	smm23 427	
	Typ	Punktname (Ziel)	Typ / Epoche	Messwert	mF [mm]/[cc]	Beo...	Instr.-Höhe...	Signalhöhe...		Zentrierfehl...
39	DH	TOV42		-2.93337	9999.000					
	Typ	Station Name	Typ / Epoche	Wetter	Gen. mF Ri...	Allg...	Instr.-Höhe...	Feldbuch	Beob. / Datum	Zentrierfehl...
40	ST	TOV39						LNAUS	smm23 426	
	Typ	Punktname (Ziel)	Typ / Epoche	Messwert	mF [mm]/[cc]	Beo...	Instr.-Höhe...	Signalhöhe...		Zentrierfehl...
41	DH	TOV36		3.94133	0.100					

So wird die Beobachtung eliminiert aber nicht gelöscht.

- Die Messdatei speichern



Wichtig: Um eine vorherige Berechnung anzupassen, im Projektbereich mit der rechten Maustaste auf die entsprechende Berechnung klicken und «Ändern/durchführen» auswählen:

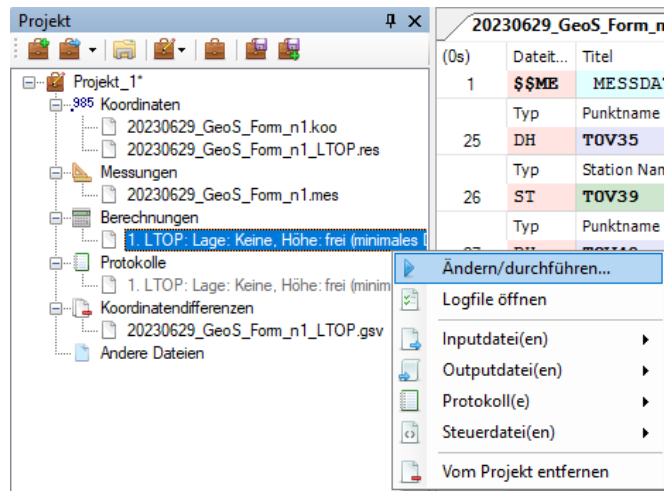


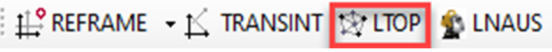
Abbildung 2-10: Ändern oder erneute Durchführung einer Berechnung

Nun sehen wir im Abschnitt «Standardabweichungen der Beobachtungsgruppen» des Berichts, dass der Quotient nahe bei 1 liegt (i. d. R. $0.8 \leq \text{Quot.} \leq 1.2$, hier knapp darunter). Im Abschnitt «Höhenabriss» gibt es kein wi mehr, das über dem Grenzwert liegt. Die Beobachtungen sind also nicht mehr mit groben Fehlern behaftet und das stochastische Modell ist realistisch.



2.5. Stochastisch gelagerte Berechnung (weiche Lagerung, AP als Beob.)

Für diesen Schritt wird eine neue Berechnung erstellt. Nachfolgend sind nur die zu ändernden Elemente beschrieben.

- Konfiguration der Ausgleichung mithilfe der neuen grafischen Benutzeroberfläche:
 - Symbol «LTOP»  → «Definieren...»
 - Registerkarte «Ausgleichungstyp und Konfiguration»
 - Ausgleichungstyp Höhe wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «Koordinaten der Festpunkte als Beobachtungen»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Registerkarte «Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte»
 - «Fest- und variable Punkte»: Die beiden Punkte «D1V6094» und «44» als Höhenfestpunkte verwenden
 - Registerkarte «Stochastisches Modell»:
 - Unterkarte «Höhe»:
 - Auswahl der allgemeinen (theoretischen) Standardabweichungen:
 - Festpunkte-Höhen [mm]: 0.7
 - Registerkarte «Protokoll / Ausgabe»:
 - Zeile «Titel-Zeile 2»: Titel definieren, z. B. «Stochastisch gelagert auf D1V6094 und 44»
-
- Eingegebene Parameter prüfen und mit «OK» bestätigen
 - Abschnitt «Berechnungsparameter»
 - Zeile «Datei mit Koordinatenänderungen generieren»: aktivieren
 - Abschnitt «Anwenden an»: Messdatei auswählen
 - Berechnung starten mit «Durchführen»

2.6. Analyse der Ergebnisse der stochastisch gelagerten Berechnung

Die Ausführung der Berechnung erzeugt verschiedene neue Dateien im Ordner «...\Projekt_n1\calc\LTOP\0002».

Das Ziel bei einer stochastisch gelagerten Berechnung ist es, die Qualität der Fixpunkte zu kontrollieren. Daher muss den normierten Residuen w_i [-] der Beobachtungen der Koordinaten der Fixpunkte und den Quotienten besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, um ein realistisches stochastisches Modell zu erhalten.

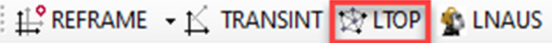
Im Abschnitt «Höhenabriss» des Berichts stellen wir fest, dass die beiden Höhen der Fixpunkte w_i unterhalb des Grenzwerts haben. Ausserdem stellen wir im Abschnitt «Standardabweichungen der Beobachtungsgruppen» des Protokolls fest, dass der Quotient für die beobachteten Höhen nahe bei 1 liegt.

Die Koordinaten der als fix angenommenen Punkte sind nicht mit groben Fehlern behaftet und das stochastische Modell ist realistisch.

2.7. Gezwängt gelagerte Berechnung

Für diesen Schritt wird eine neue Berechnung erstellt. Nachfolgend sind nur die zu ändernden Elemente beschrieben.



- Konfiguration der Ausgleichung mithilfe der neuen grafischen Benutzeroberfläche:
 - Symbol «LTOP»  → «Definieren...»
- Registerkarte «Ausgleichungstyp und Konfiguration»
 - Ausgleichungstyp Höhe wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «gezwängt»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
- Registerkarte «Protokoll / Ausgabe»:
 - Zeile «Titel-Zeile 2»: Titel definieren, z. B. «Gezwängt gelagert auf D1V6094 und 44»
- Eingegebene Parameter prüfen und mit «OK» bestätigen
- Abschnitt «Berechnungsparameter»
 - Zeile «Datei mit Koordinatenänderungen generieren»: aktivieren
- Abschnitt «Anwenden an»: Messdatei auswählen
- Berechnung starten mit «Durchführen»

2.8. Analyse der Ergebnisse der gezwängt gelagerten Berechnung

Die Ausführung der Berechnung erzeugt verschiedene neue Dateien im Ordner «...\Projekt_n1\calc\LTOP\0003».

Das Ziel bei einer gezwängt gelagerten Berechnung ist es, die Beobachtungen so zu «zwängen», dass sie sich möglichst gut in das durch die Fixpunkte definierte Netz einfügen. Um die Qualität der Integration neuer Punkte zu untersuchen, können wir die Konfidenzintervalle und die Zuverlässigkeitsintervalle untersuchen.

Im Abschnitt «Koordinaten und Höhen, variable Punkte (Neupunkte) mit Änderungen und empirischen Konfidenzwerten (Niveau: 95%)» des Protokolls stellen wir fest, dass die Höhenkonfidenzintervalle nicht mehr als 0.43 mm betragen.

Im Abschnitt «Äussere Zuverlässigkeit und theoretische Konfidenzwerte (Niveau: 95%)» des Protokolls ist zu sehen, dass die Zuverlässigkeitsintervalle nicht größer als 0.59 mm sind.

Die Koordinaten der neuen Punkte sind von guter Qualität und gut in das Netz integriert.

2.9. Abschluss der Berechnung des Höhennetzes

Um die Berechnung abzuschliessen, muss das Projekt zuerst gespeichert und dann geschlossen werden:

- Symbol «Projekt speichern» 
- Symbol «Projekt schliessen» 

Die benötigten Dateien für die Dokumentation der drei Berechnungen sind in den jeweiligen Verzeichnissen «...\Projekt_1\calc\LTOP\000[1-3]» abrufbar.



3. Tachymetrisches Netz (2+1D)

Ziel dieses Kapitels ist die Ausgleichung eines tachymetrischen Netzes mit Horizontalrichtungen, Höhenwinkeln und Schrägdistanzen. Hier gilt es, die Berechnungsschritte nacheinander fachgerecht durchzuführen und die Ergebnisse zu analysieren.

Hier kurz einige Informationen zum Hintergrund des Netzes und den verwendeten Daten:

Ziel bei diesem Tunnelnetz ist es, Deformationen mit hohem Konfidenzniveau nachzuweisen. Das Netz besteht aus vier Referenzpunkten / Fixpunkten (4, 5, 9 und 14) mit einer bekannten Genauigkeit von 0.7 mm in Lage und Höhe. Die Messungen setzen sich aus Horizontalrichtungen, Höhenwinkeln und Schrägdistanzen zusammen.

Neben den drei üblichen Berechnungsschritten (minimal, stochastisch und gezwängt gelagertes Netz) wird bei dieser Auswertung zuerst ein zusätzlicher Berechnungsschritt zur Erkennung sehr grober Fehler durchgeführt (alles gezwängt). Somit werden folgende vier Berechnungen nacheinander durchgeführt:

- Alles gezwängt (Kapitel 3.3)
- Minimal gelagert (Kapitel 3.5)
- Stochastisch gelagert (Kapitel 3.7)
- Gezwängt gelagert (Kapitel 3.9)

Die Messequipe hat zudem folgendes berichtet:

- Punkt 14 sah beschädigt aus
- Evtl. wurden teilweise Punktnamen vertauscht

3.1. Input-Daten

Es sind folgende Daten vorhanden:

- Datei mit Lagekoordinaten und Höhen über dem Geoid «20230629_GeoS_Form_n2.koo»
- Datei mit den Beobachtungen «20230629_GeoS_Form_n2.mes»

3.2. Vorbereitung von GeoSuite und Erstellung des Projekts Nr. 2

- GeoSuite starten
- evtl. das Layout der Symbolleisten zurücksetzen
Registerkarte «Ansicht» / «Symbolleisten» / «Symbolleisten in den Ursprungszustand zurücksetzen»
- Ein neues Projekt erstellen:

- Symbol «Neues Projekt» 
- Speicherort des Projekts wählen
- Projektnamen vergeben, z. B. «Projekt_2.gsp»

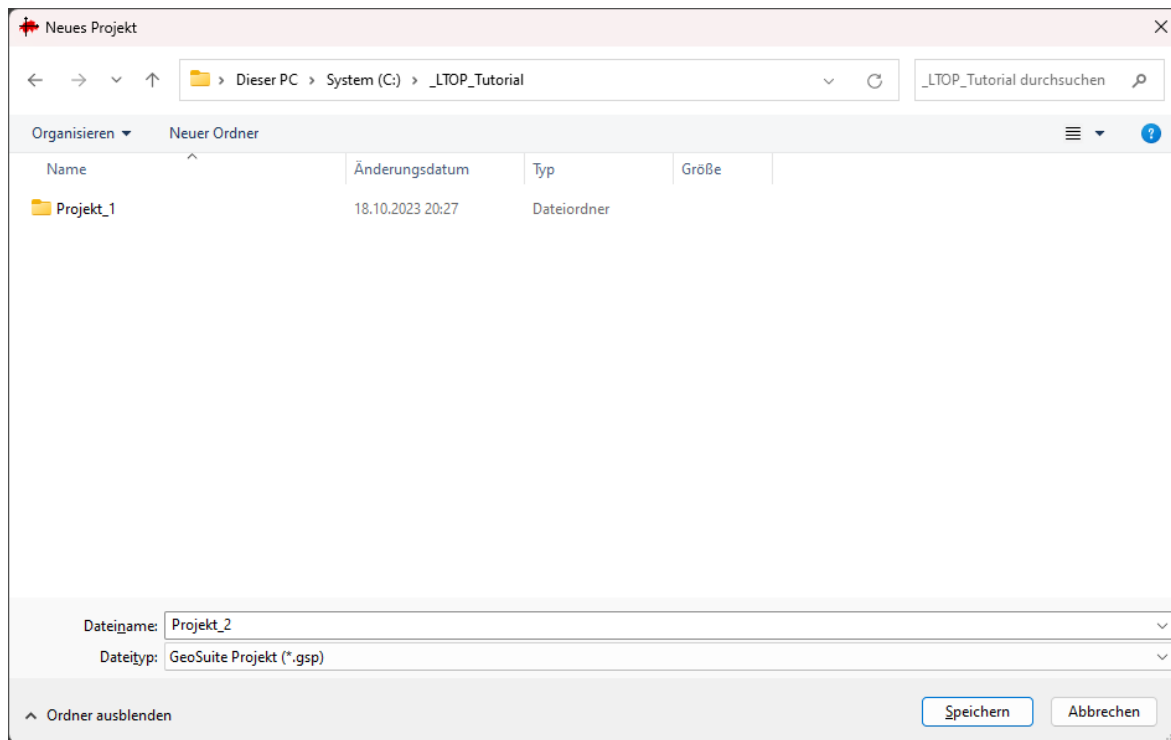


Abbildung 3-1: Erstellung des Projekts 2

- Die Koordinaten- und Messdateien per Drag & Drop in das Anzeigefenster von GeoSuite ziehen.
- Der Ordner « ...\Projekt_2\data» wird automatisch erstellt und enthält die beiden Dateien.

Um Datenverluste vorzubeugen, sollte das Projekt von Zeit zu Zeit gespeichert werden:



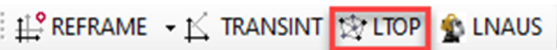
3.3. Prüfen auf grobe Fehler (alles gezwängt)

Sind in einem Datensatz grobe Fehler vorhanden wie z. B. Punktverwechslungen, macht es in der Regel Sinn, diese vor der Berechnung des minimal gelagerten Netzes zu bereinigen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass das minimale gelagerte Netz stark verzerrt wird und die Fehlersuche sehr schwierig ist. Um diese sehr grossen Fehler zu bereinigen, bieten sich folgende beiden Methoden an:

- Provisorischer Abriss
- alles gezwängte Lagerung

Im vorliegenden Beispiel wird die zweite Methode verwendet (zwängen auf alle Punkte des Netzes). Somit werden im Wesentlichen die Verbesserungen gegenüber den Näherungskordinaten berechnet. Voraussetzung dafür sind einigermassen gute Näherungskordinaten.

- Konfiguration der Ausgleichung mithilfe der neuen grafischen Benutzeroberfläche

- Symbol «LTOP»  → «Definieren...»



- Allgemeine Angaben:
 - Festlegen eines Namens für den Berechnungsdatensatz (optional), z. B. «1_alles_gezwängt»
 - Den entsprechenden Anwendungsbereich / Vermessungstyp wählen:
 - «Anwendung / Vermessungstyp» → «Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2)»
- Registerkarte «Ausgleichungstyp und Konfiguration»
 - Ausgleichungstyp Lage wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «gezwängt»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Ausgleichungstyp Höhe wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «gezwängt»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Stoppkriterien
 - Zeile «Maximale Anzahl der Iterationen»: 10
 - Zeile «Abbruchschranke [mm]»: 0.1

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_alles_gezwängt

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration | Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte | Funktionales Modell | Stochastisches Modell | Qualität / Zuverlässigkeit | Protokoll / Ausgabe

	Lage:	Höhe:
Ausgleichungstyp		
Ausgleichungstyp:	gezwängt	gezwängt
Präanalyse	☐	☐
Robuste Ausgleichung / Koeffizient:	☐ 0.0	☐ 0.0

Stoppkriterien

Maximale Anzahl der Iterationen:	10	10
Abbruchschranke [mm]:	0.1	0.1

Erweiterte Optionen

☐ Erweiterte Überprüfung der Plausibilität von Parametern (Koordinaten, Beobachtungen, Gruppen, GNSS usw.) deaktivieren

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 3-2: Ausgleichungstyp und Konfiguration der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2



- Registerkarte «Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte»

- Auswahl der Koordinatendatei, die verwendet werden soll (Datei aus der Liste auswählen oder mit dem Ordnersymbol):

Koordinatendatei
C:_LTOP_Tutorial\Projekt_2\data\20230629_GeoS_Form_n2.koo

- ggf. mit dem Aktualisierungssymbol die Liste der Punkte aktualisieren

- «Projektionssystem»:

- Zeile «Bezugssystem»: «CH (LV95)»

- «Ursprungspunkt»:

- Zeile «Name»: NULLBERN

- «Koordinaten»

- «Festwerte»

- Ost: 2600000

- Nord: 1200000

- Höhe: 0

- «Fest- und variable Punkte»: Alle Punkte auswählen, ausser einem.

- Rechtsklick in die Tabelle «Fest- und variable Punkte» und «(De-)Aktivierung aller Punkte» wählen

- Sowohl in der Lage als auch in der Höhe einen Punkt wieder deaktivieren, z. B. 109

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_alles_gezwängt

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte Funktionales Modell Stochastisches Modell Qualität / Zuverlässigkeit Protokoll / Ausgabe

Koordinatendatei
C:_LTOP_Tutorial\Projekt_2\data\20230629_GeoS_Form_n2.koo

Projektionssystem

Bezugssystem: CH (LV95): Schw

Referenz-Ellipsoid: BESSEL 1841

Grosse Halbachse (a) [m]: 6377397.155

Quadrat der 1. Exzentrizität: 0.006674372231

Ursprungspunkt

Name: NULLBERN

Koordinaten:

☐ Schwerpunkt (aller Fest- und variablen Punkte)

☒ Festwerte:

Ost (E/y) [m]: 2600000

Nord (N/x) [m]: 1200000

Höhe (H/h) [m]: 0

Fest- und variable Punkte

Name	Festpunkt in der Lage	Festpunkt in der Höhe
1 4	☒	☒
2 5	☒	☒
3 7	☒	☒
4 8	☒	☒
5 9	☒	☒
6 14	☒	☒
7 61	☒	☒
8 109	☐	☐

7 / 8 Festpunkte in der Lage
7 / 8 Festpunkte in der Höhe

Suchen... Punktlste bearbeiten...

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 3-3: Datumsdefinition und Wahl Festpunkte der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2



- Registerkarte «Funktionales Modell»

- «Azimut-Reduktion»: Bleibt inaktiv / grau
- «Lotabweichungen und Geoidundulationen berücksichtigen»: nicht ausgewählt
- «Distanzreduktion»: Mit Höhenwinkeln (mit a priori Höhen falls nicht verfügbar)
- Die Parameter für die GNSS-Sessions werden für dieses Netz nicht benötigt.
- Sollte bei den GNSS-Sessionsparametern eine leere Zeile vorhanden sein, sollte diese gelöscht werden.

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_alles_gezwängt

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration | Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte | **Funktionales Modell** | Stochastisches Modell | Qualität / Zuverlässigkeit | Protokoll / Ausgabe

Optionale Parameter

☐ Azimut-Reduktion (Reduktion wegen Zielpunkthöhe und Reduktion des ellipsoidischen Richtungswinkels in die Projektionsebene)

☐ Lotabweichungen und Geoidundulationen berücksichtigen

Distanzreduktion: Mit Höhenwinkeln (mit a priori Höhen falls nicht verfügbar)

GNSS-Sessionsparameter

Name	dE	dN	rH	Massstab Lage	dH	rN	rE	Massstab Höhe	Beschreibung / Kommentar
------	----	----	----	---------------	----	----	----	---------------	--------------------------

Hinzufügen Löschen Aus .MES-Datei generieren GNSS-Parameterliste bearbeiten...

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 3-4: Funktionales Modell der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2



- Registerkarte «Stochastisches Modell»:
 - Unterkarte «Lage»:
 - Auswahl der allgemeinen (theoretischen) Standardabweichungen:
 - Richtungen [cc]: 2
 - Azimute [cc]: 2
 - Zentrierung [mm]: 0.2
 - GNSS-Koordinaten [mm]: für diese Berechnung nicht benötigt
 - Festpunkte-Koordinaten [mm]: bleibt inaktiv / grau
 - Distanzen: für diese Berechnung nicht benötigt
 - Beobachtungsgruppen «Richtungen und Azimute»
 - Nicht benötigt, da in der Messdatei keine Gruppen definiert sind
 - Beobachtungsgruppen «Distanzen»
 - Evtl. bestehende Gruppen löschen (Rechtsklick → Ausgewählte Zeile(n) entfernen)
 - Neue Gruppe 1 erstellen (Rechtsklick → Neue Zeile am Ende der Liste hinzufügen):
 - Gruppe: 1
 - a [mm]: 0.2
 - b [mm/km]: 0.3
 - c [mm/km²]: 0.0

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_alles_gezwängt

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichstyp und Konfiguration | Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte | Funktionales Modell | **Stochastisches Modell** | Qualität / Zuverlässigkeit | Protokoll / Ausgabe

Lage | Höhe

Allgemeine (theoretische) Standardabweichungen Hinweis: Diese Werte können mit Gruppendefinitionen der entspr. Spalte in der Messdatei überschrieben werden

Richtungen [cc]: 2 Azimute [cc]: 2

Zentrierung [mm]: 0.2

GNSS-Koordinaten [mm]: 4 Festpunkte-Koordinaten [mm]: 10.00

Distanzen Instrument: ME5000 4 a [mm]: 0.20 b [mm/km]: 0.20 c [mm/km²]: 0.00

Beobachtungsgruppen

Richtungen und Azimute | Distanzen

Distanzgruppen:

Gruppe	Instrument	Add.-Ko...	Mst.-Korr.	a [mm]	b [mm/km]	c [mm/km ²]
1	1			0.2000	0.3000	0.0000

Additionskonstanten:

Gruppe	Konst. [mm]
--------	-------------

Massstabskorrekturen:

Gruppe	Korr. [mm/km]
--------	---------------

Anmerkung: leer lassen, um den Wert zu schätzen

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 3-5: Stochastisches Modell Lage der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2



- Unterkarte «Höhe»:
 - Auswahl der allgemeinen (theoretischen) Standardabweichungen:
 - Höhenwinkel [cc]: 12
 - Distanzen zu normal signal. Punkten: 14
 - Distanzen zu Hochzielpunkten [mm]: 28
 - Höhendifferenz von 1km Nivellement: 0
 - GNSS-Höhen [mm]: für diese Berechnung nicht benötigt
 - IH - SH zu normal signal. Punkten [mm]: 3.2
 - IH - SH zu Hochzielpunkten [mm]: 10
 - Festpunkte-Höhen [mm]: bleibt inaktiv / grau
 - Gegenseitige Höhenwinkelmessungen:
 - Verarb. der gegenseit.: einzeln (G) / Gegenseitig gemessene Höhenwinkel werden einzeln verarbeitet (aber in aufeinanderfolgenden Zeilen im Protokoll dargestellt)
 - Faktor für einseitige Höhenbestimmung: bleibt inaktiv / grau
 - Refraktion:
 - Koeffizient (Konstante): 0.13
 - Standardabweichung: 0.06

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_alles_gezwängt

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte Funktionales Modell **Stochastisches Modell** Qualität / Zuverlässigkeit Protokoll / Ausgabe

Lage **Höhe**

Allgemeine (theoretische) Standardabweichungen

Höhenwinkel [cc]:	12	IH - SH zu normal signal. Punkten [mm]	3.2
Distanzen zu normal signal. Punkten	14	IH - SH zu Hochzielpunkten [mm]	10
Distanzen zu Hochzielpunkten [mm]:	28		
Höhendifferenzen von 1km Nivellement	0		
GNSS-Höhen [mm]:	1.5	Festpunkte-Höhen [mm]:	0.70

Gegenseitige Höhenwinkelmessungen

Verarb. der gegenseit.	einzeln (G): Gege	Faktor für einseitige Höhenbestimmung:	1.732
------------------------	-------------------	--	-------

Refraktion

Koeffizient (Konstante):	0.13	Standardabweichung:	0.06
--------------------------	------	---------------------	------

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 3-6: Stochastisches Modell Höhe der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2



- Registerkarte «Qualität / Zuverlässigkeit»:
 - Wahl Konfidenzniveau: « $2.45\sigma = 95\%$ in der Lage / $1.96\sigma = 95\%$ in der Höhe»
 - «Amtliche Vermessung»: für diese Berechnung nicht benötigt
 - Innere Zuverlässigkeit → Grenzwerte → Lage:
 - Normierte Verbesserung (wi): 2.5
 - Chiquadrat-Test (χ^2) [%]: 20
 - Wahrscheinlichkeit Risiko 2. Art (β): 5
 - Innere Zuverlässigkeit → Grenzwerte → Höhe:
 - Normierte Verbesserung (wi): 2.5
 - Chiquadrat-Test (χ^2) [%]: bleibt gesperrt / grau
 - Wahrscheinlichkeit Risiko 2. Art (β): 5
 - Äussere Zuverlässigkeit → Berechnungsmethode:
 - «für alle variablen Punkte: Zuverlässigkeitsrechtecke (A)»
 - Relative «Fehler» / Konfidenzwerte und Zuverlässigkeit: für diese Berechnung nicht benötigt

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_alles_gezwängt

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte Funktionales Modell Stochastisches Modell **Qualität / Zuverlässigkeit** Protokoll / Ausgabe

Konfidenzniveau
Ausgabe-Konfidenzniveau: $2.45\sigma = 95\%$ in der Lage / $1.96\sigma = 95\%$ in der Höhe

Amtliche Vermessung
☐ AV93-Zuverlässigkeit überprüfen
Toleranzstufe: 2: Überbaute Gel Punktkategorie: LFP3 (3)

Innere Zuverlässigkeit

Grenzwerte:	Lage:	Höhe:
Normierte Verbesserung (wi):	2.5	2.5
Chiquadrat-Test (χ^2) [%]:	20	20
Wahrscheinlichkeit Risiko 2. Art (β):	5	5

Äussere Zuverlässigkeit
Berechnungsmethode
für alle variablen Punkte: Zuverlässigkeitsrechteck (A)

Relative Fehler und Zuverlässigkeit

Lage Höhe

Relative empirische Konfidenzwerte (1 sigma):

1. variabler Punkt	2. variabler Punkt

Hinzufügen...
Löschen
Liste bearbeiten

Relative Zuverlässigkeits-Rechtecke:

1. variabler Punkt	2. variabler Punkt

Hinzufügen...
Löschen
Liste bearbeiten

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 3-7: Qualität / Zuverlässigkeit der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2



- Registerkarte «Protokoll / Ausgabe»:

- Zeile «Titel-Zeile 1»: Titel definieren, z. B. «GeoSuite-Kurs, 06.06.2024 - Tachymetrisches Netz»
- Zeile «Titel-Zeile 2»: Titel definieren, z. B. «Alles Gezwängt (Fehlersuche)»
- Zeile «Normalgleichungs-Matrizen (AtA) speichern»: nicht aktivieren
- Zeile «Varianz-Kovarianzmatrizen (Qxx) speichern»: nicht aktivieren
- Zeile «Koeffizientenmatrix (A) speichern»: nicht aktivieren
- Internationales Einheitensystem für Richtungen / Winkel verwenden (mgon statt cc): nicht aktivieren
- Zeile «Zusätzlich textbasierter Bericht im alten Format generieren (.pm)»: aktivieren
 - Ausgangssprache: Deutsch
 - Zeilen pro Seite: 85

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_alles_gezwängt

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z. B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration | Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte | Funktionales Modell | Stochastisches Modell | Qualität / Zuverlässigkeit | Protokoll / Ausgabe

Layout- und Inhaltsoptionen

Titel-Zeile 1: GeoSuite-Kurs, 30.11.2023 - Tachymetrisches Netz

Titel-Zeile 2: Alles Gezwängt (Fehlersuche)

☐ Normalgleichungs-Matrizen (AtA) speichern

☐ Varianz-Kovarianzmatrizen (Qxx) speichern

☐ Koeffizientenmatrix (A) speichern

☐ Internationales Einheitensystem für Richtungen/Winkel verwenden (mgon anstatt cc)

☒ Zusätzlich textbasierter Bericht im alten Format generieren (.pm)

Ausgangssprache: Deutsch

Zeilen pro Seite: 85

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 3-8: Protokoll / Ausgabe der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2



- Eingegabene Parameter prüfen und mit «OK» bestätigen
- Abschnitt «Berechnungsparameter»
 - Zeile «Datei mit Koordinatenänderungen generieren»: aktivieren
- Abschnitt «Anwenden an»: Messdatei auswählen
- Berechnung starten mit «Durchführen»

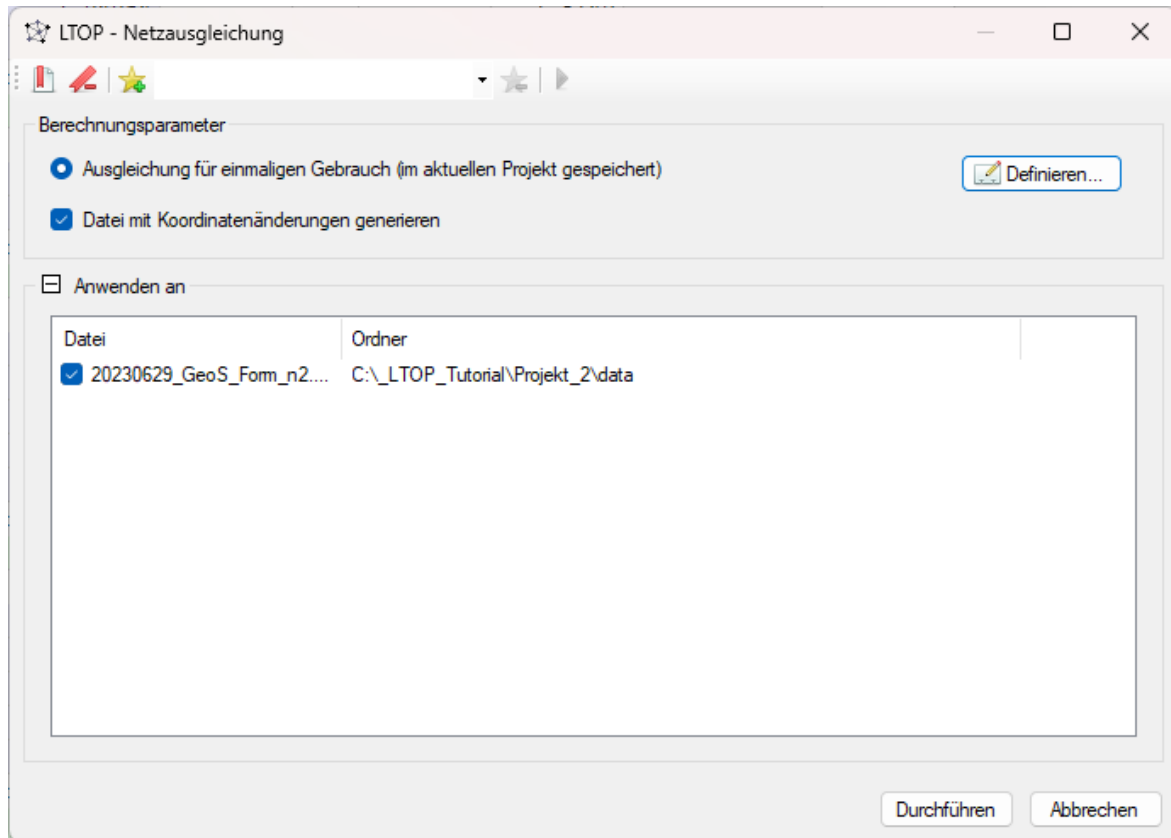


Abbildung 3-9: Starten der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2

Es erscheint ein Fenster mit Informationen über die Ausführung der Berechnung.

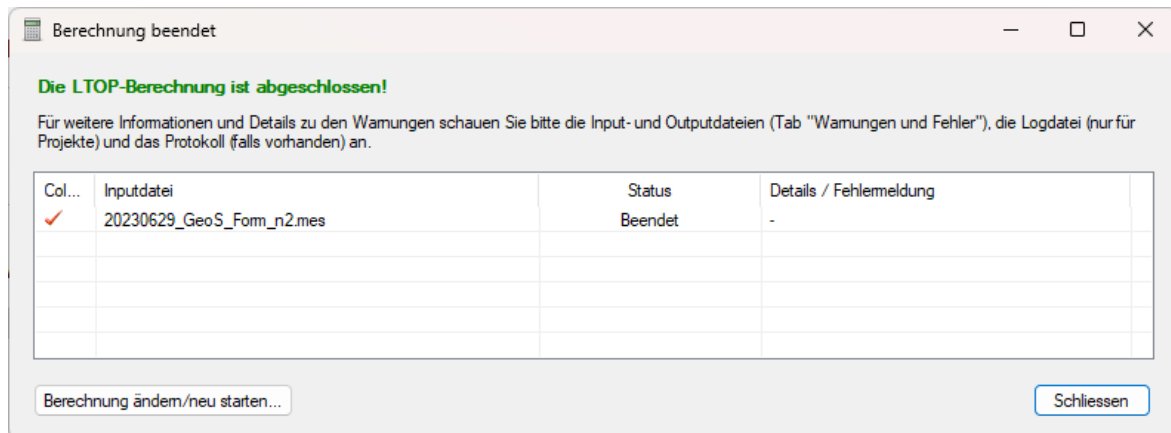


Abbildung 3-10: Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2 ist in Ordnung



3.4. Analyse der Ergebnisse und Erkennung grober Fehler

Die Ausführung der Berechnung erzeugt verschiedene neue Dateien im Ordner «...\\Projekt_2\\calc\\LTOP\\0001». Die wichtigsten Dateien sind im Projektbereich sichtbar. Es handelt sich um eine Resultatdatei (.res), eine Koordinatendifferenzdatei (.gsv) und einen Berechnungsbericht im HTML-Format (ist auch als pdf vorhanden).

Das Ziel dieser «alles gezwängt»-Lösung ist es, sehr grosse Fehler zu erkennen. Daher muss besonders auf Beobachtungen geachtet werden, welche sehr grosse Residuen aufweisen.

Im Abschnitt «Lage-Abriss» sind zwei Beobachtungen mit sehr grossen normierten Verbesserungen (w_i) vorhanden. Die Beobachtung mit dem grössten w_i befindet sich bei Beobachtungs-Nr. 14 des Berechnungsprotokolls (Distanz von Station 5 auf Zielpunkt 9). Wenn Distanzmessungen hohe w_i aufweisen, kann es interessant sein, die gemessene Distanz und die aus den Koordinaten berechnete Distanz zu vergleichen.

Hier ist gut ersichtlich, dass höchstwahrscheinlich bei der Station 5 die Zielpunktnamen 8 und 9 vertauscht wurden. Es wäre daher interessant, die Punktnamen der Messungen zu wechseln, statt diese Beobachtungen gleich zu eliminieren. Wurden alle Messelemente (Horizontalrichtung, Höhenwinkel und Schrägdistanz) gleichzeitig erfasst (wie bei heutigen Tachymetern üblich), müssen in der Messdatei auch alle entsprechenden Elemente angepasst werden.

Nr obs.	Name	Typ	Ori./Beob. [cc]/[mm]	Nr Gr.	Korr. [cc]/[mm]	v [cc]/[mm]	Std-Abw. [cc]/[mm]	Nabla [cc]/[mm]	w_i	G_i [cc]/[mm]	Azi. aus Koord. [g]	Dist. aus Koord. [m]	Seitl. Abw. [mm]
St. 5	Distanzen							3					
10	4		108.9628 *	<u>1</u>		0.20	0.30	100	1	0.8	161.2063	108.9631	
11	109		19.7492	<u>1</u>		-0.40	0.30	70	1	-1.6	364.2490	19.7488	
12	7		368.5327 *	<u>1</u>		-1.00	0.40	100	2	-2.8	369.0221	368.5316	
13	8		711.6829 *	<u>1</u>		Unendlich	0.50	100	2	-132892.4	61041	650.6411	
14	9		650.6413 *	<u>1</u>		61039.70	0.40	100	2	137812.5	-61039	711.6811	

Abbildung 3-11: Distanzen mit sehr grossen normierten Verbesserungen

Neben dem Vergleich der gemessenen Distanzen mit den aus den Koordinaten berechneten Distanzen ist bei den Richtungsmessungen ein ähnlicher Vergleich möglich. Dazu wird der Winkel zwischen den Zielpunkten 8 und 9 einerseits aus den Richtungsmessungen berechnet ($\rightarrow -2.9$ mgon) und andererseits aus den aus Koordinaten berechneten Azimuten ($\rightarrow 2.8$ mgon). Dieser Umstand ist auch in den Verbesserungen ersichtlich (Zielpunkt 8: +30.5 cc, Zielpunkt 9: -27.4 cc) Auch dieser Vergleich legt somit eine Punktverwechslung nahe.

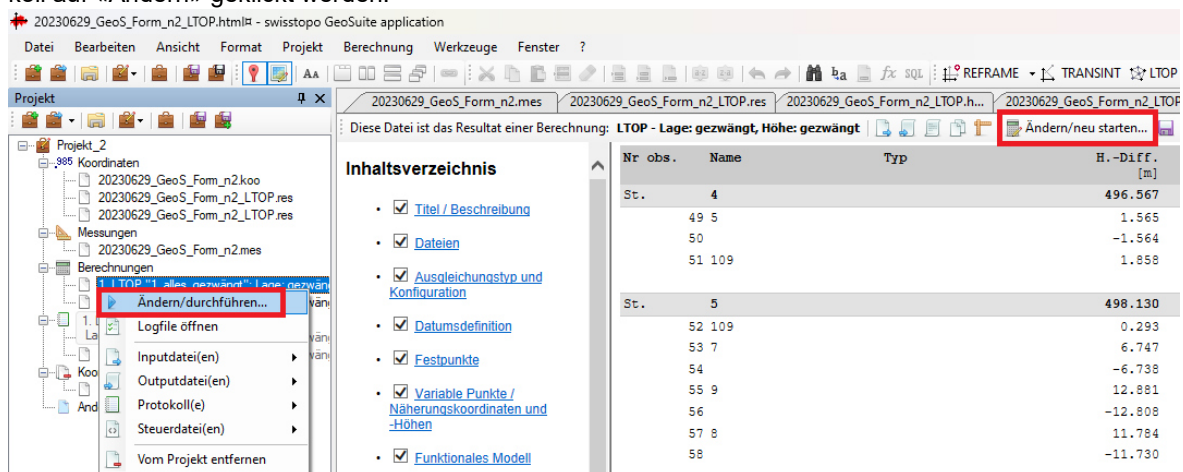
Nr obs.	Name	Typ	Ori./Beob. [cc]/[mm]	Nr Gr.	Korr. [cc]/ [mm]	v [cc]/ [mm]	Std-Abw. [cc]/ [mm]	z _i [°]	Nabla [cc]/ [mm]	w _i	G _i [cc]/ [mm]	Azi. aus Koord. [g]	Dist. aus Koord. [m]	Seitl. Abw. [mm]
St. 5	161.2069						31043.10	1						
5 4			0.0000 *	<u>1</u>		-5.90	2.30	80	11	-2.8	7	161.2063	108.9631	-1.01
6 109			203.0426	<u>1</u>		-5.50	6.80	13	77	-2.2		364.2490	19.7488	-0.17
7 7			207.8150 *	<u>1</u>		1.90	2.00	74	10	1.1		369.0221	368.5316	1.12
8 8			207.8275 *	<u>1</u>		30.50	2.00	73	10	17.7	-41	369.0374	650.6411	31.14
9 9			207.8304 *	<u>1</u>		-27.40	2.00	73	10	-15.9	37	369.0346	711.6811	-30.62

Abbildung 3-12: Richtungsmessungen mit sehr grossen normierten Verbesserungen



Für die vorliegende Übung gehen wir davon aus, dass die Punktverwechslung vom Feldpersonal bestätigt wurde und wir die Messdatei deshalb entsprechend anpassen:

- Messdatei öffnen (Doppelklick im Projektbereich auf die Datei) und folgende Anpassungen vornehmen
 - Messdatei-Zeile 15, Zelle «Punktname (Ziel)»: 9 (statt 8)
 - Messdatei-Zeile 16, Zelle «Punktname (Ziel)»: 8 (statt 9)
 - Messdatei-Zeile 21, Zelle «Punktname (Ziel)»: 9 (statt 8)
 - Messdatei-Zeile 22, Zelle «Punktname (Ziel)»: 8 (statt 9)
 - Messdatei-Zeile 27, Zelle «Punktname (Ziel)»: 9 (statt 8)
 - Messdatei-Zeile 28, Zelle «Punktname (Ziel)»: 8 (statt 9)
- Messdatei speichern (Speichersymbol oder CTRL+S)
- Berechnung erneut durchführen. Achtung: Um die bestehende Berechnung anzupassen (und zu überschreiben) muss im Projektbereich (rechtsklick auf die entsprechende Berechnung) oder im html-Protokoll auf «Ändern» geklickt werden:



Wird stattdessen das Modul LTOP erneut gestartet, entsteht eine neue Berechnung.

- Nach der erneuten Berechnung ist erkennbar, dass keine sehr grossen Fehler mehr vorhanden sind.

3.5. Minimal gelagerte Berechnung (freies Netz)

Für diesen Schritt wird eine neue Berechnung erstellt. Nachfolgend sind nur die zu ändernden Elemente beschrieben.

- Konfiguration der Ausgleichung mithilfe der grafischen Benutzeroberfläche:
 - Symbol «LTOP» → «Definieren...»
- Allgemeine Angaben:
 - Festlegen eines Namens für den Berechnungsdatensatz (optional), z. B. «2_minimal_gelagert»
- Registerkarte «Ausgleichungstyp und Konfiguration»
 - Ausgleichungstyp Lage wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «frei (minimales Datum)»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Ausgleichungstyp Höhe wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «frei (minimales Datum)»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt



- Definition der freien Ausgleichung
 - Zeile «Separate .MES-Datei»: aktivieren
 - Zeile «Automatisch .MES-Datei generieren und Kontrollpunkte setzen»: aktivieren
 - Lage:
 - Definitionsmodus: «1 Festpunkt und 1 fiktives Azimut»
 - Festpunkt-Name: 4¹
 - Fiktives Referenzazimut zum Punkt: 5
 - Typ: AP (in Projektion)
 - Wert: 361.2063
 - Höhe:
 - Definitionsmodus: 1 Festpunkt
 - Festpunkt-Name: 4²

The screenshot shows the LTOP software window with the following configuration:

- Name des Berechnungsdatensatzes:** 2_minimal_gelagert
- Anwendung / Vermessungstyp:** Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung
- Ausgleichungstyp und Konfiguration:**
 - Lage:**
 - Ausgleichungstyp: frei (minimales Datum)
 - Präanalyse: ☐
 - Robuste Ausgleichung / Koeffizient: ☐ 0
 - Höhe:**
 - Ausgleichungstyp: frei (minimales Datum)
 - Präanalyse: ☐
 - Robuste Ausgleichung / Koeffizient: ☐ 0
- Definition der freien Ausgleichung:**
 - ☒ Separate .MES-Datei: C:\LTOP_Tutorial\Projekt_2\data\20230629_GeoS_Form_n2_frei.mes
 - ☒ Automatisch .MES-Datei generieren und Kontrollpunkte setzen:
 - Definitionsmodus: 1 Festpunkt und 1 fiktives Azimut
 - Festpunkt-Name: 4
 - Fiktives Referenzazimut zum Punkt: 5
 - Typ / Wert [g]: AP (in Projektion) 361.2063
- Stoppkriterien:**
 - Maximale Anzahl der Iterationen: 10
 - Abbruchschranke [mm]: 0.1
- Erweiterte Optionen:**
 - ☐ Erweiterte Überprüfung der Plausibilität von Parametern (Koordinaten, Beobachtungen, Gruppen, GNSS usw.) deaktivieren

Buttons at the bottom: Zurücksetzen, Importieren..., Exportieren..., OK, Abbrechen.

Abbildung 3-13: Ausgleichungstyp und Konfiguration der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2

¹ Es kann auch ein anderer Festpunkt und ein anderes fiktives Azimut gewählt werden. In diesem Fall muss ein anderes passendes Azimut neu berechnet werden. Falls die vorgeschlagenen Punkte in der Liste nicht aktuell sind muss zuerst in der Registerkarte «Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte» die passende Koordinatendatei ausgewählt werden.

² Es kann auch ein anderer Festpunkt gewählt werden.



- Registerkarte «Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte»

- «Fest- und variable Punkte»: Einen einzelnen Punkt auswählen, hier den Punkt 4 verwenden

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:
2_minimal_gelagert

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration: **Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte** Funktionales Modell Stochastisches Modell Qualität / Zuverlässigkeit Protokoll / Ausgabe

Koordinatendatei:
C:_LTOP_Tutorial\Projekt_2\data\20230629_GeoS_Form_n2.koo

Projektionssystem
Bezugssystem: CH (LV95): Schw
Referenz-Ellipsoid: BESSEL 1841
Grosse Halbachse (a) [m]: 6377397.155
Quadrat der 1. Exzentrizität: 0.006674372231

Ursprungspunkt
Name: NULLBERN
Koordinaten:
☐ Schwerpunkt (aller Fest- und variablen Punkte)
☒ Festwerte:
Ost (E/y) [m]: 2600000
Nord (N/x) [m]: 1200000
Höhe (H/h) [m]: 0

Fest- und variable Punkte

	Name	Festpunkt in der Lage	Festpunkt in der Höhe
1	4	☒	☒
2	5	☐	☐
3	7	☐	☐
4	8	☐	☐
5	9	☐	☐
6	14	☐	☐
7	61	☐	☐
8	109	☐	☐

1 / 8 Festpunkte in der Lage
1 / 8 Festpunkte in der Höhe

Suchen... Punktliste bearbeiten...

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 3-14: Datumsdefinition und Wahl Festpunkte der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2



- Registerkarte «Stochastisches Modell»:
 - Unterkarte «Lage»:
 - Beobachtungsgruppen «Distanzen»
 - Bei Gruppe 1 eine Additionskonstante ergänzen:
 - Gruppe: 1
 - **Add.Konst.: 1**
 - a [mm]: 0.2
 - b [mm/km]: 0.3
 - c [mm/km²]: 0.0

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:
2_minimal_gelagert

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte Funktionales Modell **Stochastisches Modell** Qualität / Zuverlässigkeit Protokoll / Ausgabe

Lage Höhe

Allgemeine (theoretische) Standardabweichungen Hinweis: Diese Werte können mit Gruppendefinitionen der entspr. Spalte in der Messdatei überschrieben werden

Richtungen [cc]: 2.00 Azimute [cc]: 2.00
Zentrierung [mm]: 0.20
GNSS-Koordinaten [mm]: 4.00 Festpunkte-Koordinaten [mm]: 10.00
Distanzen Instrument: ME5000 4 a [mm]: 0.20 b [mm/km]: 0.20 c [mm/km²]: 0.00

Beobachtungsgruppen

Richtungen und Azimute **Distanzen**

Distanzgruppen:

Gruppe	Instrument	Add.-Ko...	Mst.-Korr.	a [mm]	b [mm/km]	c [mm/km ²]
1	1	1		0.2000	0.3000	0.0000

Additionskonstanten:

Gruppe	Konst. [mm]
--------	-------------

Massstabskorrekturen:

Gruppe	Korr. [mm/km]
--------	---------------

Anmerkung: leer lassen, um den Wert zu schätzen

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 3-15: Stochastisches Modell Lage der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2



- Registerkarte «Protokoll / Ausgabe»:
- Zeile «Titel-Zeile 2»: Titel definieren, z. B. «Minimal gelagert auf 4 mit fikt. Azimut»

Abbildung 3-16: Protokoll / Ausgabe der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2

- Eingegebene Parameter prüfen und mit «OK» bestätigen
- Es erscheint folgende Meldung:

- Meldung mit «Ja» bestätigen, weil die Parameter geschätzt werden sollen
- Abschnitt «Berechnungsparameter»
 - Zeile «Datei mit Koordinatenänderungen generieren»: aktivieren



- Abschnitt «Anwenden an»: Korrekte Messdatei auswählen
- Berechnung starten mit «Durchführen»

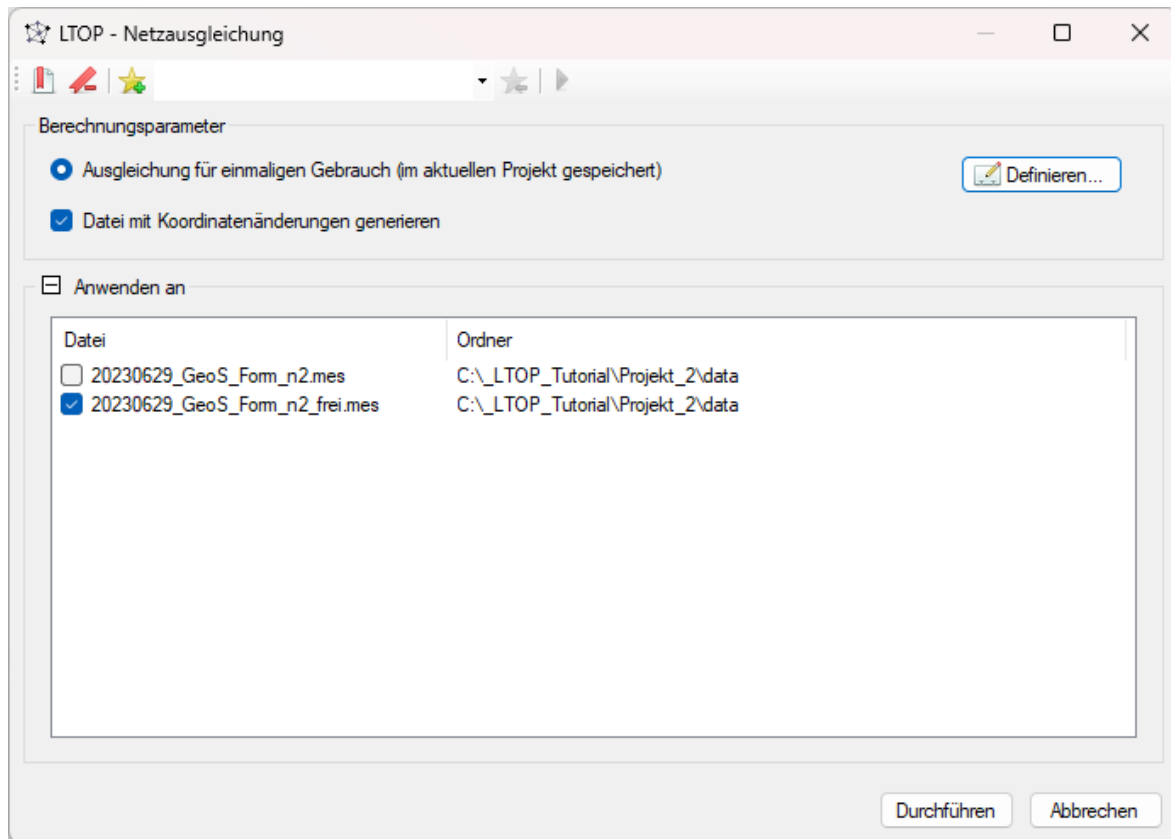


Abbildung 3-17: Starten der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2

3.6. Analyse der Ergebnisse der minimal gelagerten Berechnung

Die Ausführung der Berechnung erzeugt verschiedene neue Dateien im Ordner «...\Projekt_2\calc\LTOP\0002». Die wichtigsten Dateien sind im Projektbereich sichtbar. Es handelt sich um eine Resultatdatei (.res), eine Koordinatendifferenzdatei (.gsv) und einen Berechnungsbericht im HTML-Format (ist auch als pdf vorhanden).

Ziel der minimal gelagerten Berechnung ist es, die Qualität des Beobachtungsmaterials zu prüfen. Allfällige schlechte Messungen sollen detektiert und entfernt werden. Die normierten Verbesserungen (w_i), die lokalen Zuverlässigkeiten sowie die Quotienten sind hierfür von besonderem Interesse. Zudem kontrollieren wir die Additionskonstanten der Distanzgruppen.

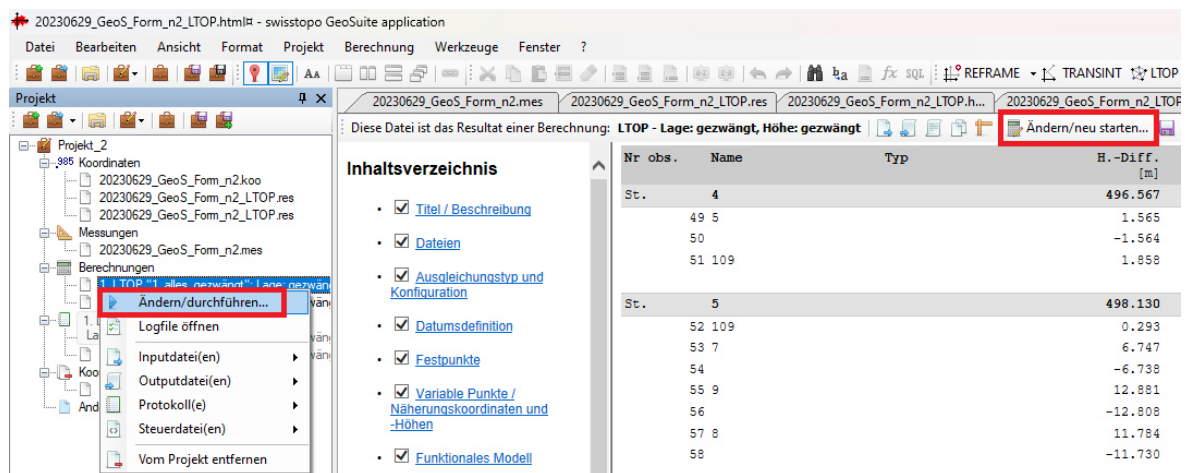
Im Abschnitt «Standardabweichungen der Beobachtungsgruppen» ist ersichtlich, dass alle Quotienten nahe bei 1 sind ($0.8 \leq \text{Quot.} \leq 1.2$). Die geschätzte Additionskonstante ist auf dem Signifikanzniveau 99% nicht signifikant und kann entfernt werden. Im Lage- und Höhenabriss sind keine grossen normierten Verbesserungen vorhanden.



Standardabweichungen der Beobachtungsgruppen												
Distanzen (Std-Abw. für 1 km)												
Nr Massst.	Korr. [ppm]	Std-Abw. [ppm]	Nr Addit.	Konst. [mm]	Std-Abw. [mm]	Nr Gr.	Nr obs.	theoretisch (a priori) [mm]	empirisch (Schluss) [mm]	Quot.	Überbest.	
			1	0.25	0.13	1	24	0.50	0.40	0.83	16.001	
Richtungen (Std-Abw. für 1 km)							Nr Gr.	Nr obs.	theoretisch (a priori) [cc]	empirisch (Schluss) [cc]	Quot.	Überbest.
						1	24	2.00	1.70	0.85	12.999	
Azimute (Std-Abw. für 1 km)			Nr Orient.	Korr. [cc]	Std-Abw. [cc]	Nr Gr.	Nr obs.	theoretisch (a priori) [cc]	empirisch (Schluss) [cc]	Quot.	Überbest.	
						1	1	2.00	unbest.	unbest.	0.000	
Höhendifferenzen							Nr obs.	theoretisch (a priori) [mm]	empirisch (Schluss) [mm]	Quot.	Überbest.	
							24	19.70	20.20	1.03	17.000	

Abbildung 3-18: Übersicht über die erzielten Genauigkeiten der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2

Nun kann die Berechnung ohne die Additionskonstante erneut durchgeführt werden. Achtung: Um die bestehende Berechnung anzupassen (und zu überschreiben) muss im Projektbereich (rechtsclick auf die entsprechende Berechnung) oder im html-Protokoll auf «Ändern» geklickt werden:



Wird stattdessen das Modul LTOP erneut gestartet, entsteht eine neue Berechnung.

Die Additionskonstante kann wie folgt entfernt werden:

- Registerkarte «Stochastisches Modell»:
 - Unterkarte «Lage»:
 - Beobachtungsgruppen «Distanzen»
 - Bei Gruppe 1 die Additionskonstante entfernen:
 - Gruppe: 1
 - **Add.Konst.: 1 → entfernen**
 - a [mm]: 0.2
 - b [mm/km]: 0.3
 - c [mm/km²]: 0.0

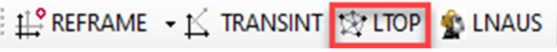
Danach die Berechnung erneut starten (unter Auswahl der richtigen Messdatei).

Die definitive Version der minimal gelagerten Berechnung zeigt, dass keine Beobachtungen mit grossen normierten Verbesserungen vorhanden sind (ausser ggf. dem fiktiven Azimut). Es zeigt sich jedoch, dass im Netz einige ungenügend kontrollierte Richtungsmessungen vorhanden sind (Station 5, Richtungsmessungen auf Zielpunkte 4 und 109, lokale Zuverlässigkeit zi > 25).



3.7. Stochastisch gelagerte Berechnung (weiche Lagerung, AP als Beob.)

Für diesen Schritt wird eine neue Berechnung erstellt. Nachfolgend sind nur die zu ändernden Elemente beschrieben.

- Konfiguration der Ausgleichung mithilfe der grafischen Benutzeroberfläche:
 - Symbol «LTOP»  → «Definieren...»
 - Allgemeine Angaben:
 - Festlegen eines Namens für den Berechnungsdatensatz (optional), z. B. «3_stochastisch_gelagert»
 - Registerkarte «Ausgleichungstyp und Konfiguration»
 - Ausgleichungstyp Lage wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «Koordinaten der Festpunkte als Beobachtungen»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Ausgleichungstyp Höhe wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «Koordinaten der Festpunkte als Beobachtungen»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Registerkarte «Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte»
 - «Fest- und variable Punkte»: Die Punkte «4», «5», «9» und «14» in Lage und Höhe als Festpunkte wählen.
 - Registerkarte «Stochastisches Modell»:
 - Unterkarte «Lage»:
 - Auswahl der allgemeinen (theoretischen) Standardabweichungen:
 - Festpunkte-Koordinaten [mm]: 0.7
 - Unterkarte «Höhe»:
 - Auswahl der allgemeinen (theoretischen) Standardabweichungen:
 - Festpunkte-Höhen [mm]: 0.7
 - Registerkarte «Protokoll / Ausgabe»:
 - Zeile «Titel-Zeile 2»: Titel definieren, z. B. «Stochastisch gelagert auf 4, 5, 9 und 14»
-
- Eingegebene Parameter prüfen und mit «OK» bestätigen
 - Abschnitt «Berechnungsparameter»
 - Zeile «Datei mit Koordinatenänderungen generieren»: aktivieren
 - Abschnitt «Anwenden an»: Korrekte Messdatei auswählen (nicht jene der minimal gelagerten Auswertung mit dem Zusatz «_frei» sondern die ursprüngliche Messdatei)
 - Berechnung starten mit «Durchführen»

3.8. Analyse der Ergebnisse der stochastisch gelagerten Berechnung

Die Ausführung der Berechnung erzeugt verschiedene neue Dateien im Ordner «...\Projekt_2\calc\LTOP\0003». Die wichtigsten Dateien sind im Projektbereich sichtbar.

Ziel der stochastisch gelagerten Auswertung ist die Kontrolle der Fixpunkte. Zu diesem Zweck müssen vor allem die Verbesserungen, normierten Verbesserungen und Quotienten beurteilt werden.



Im Abschnitt «Lage-Abriss» des Berechnungsprotokolls findet sich eine Übersicht mit den Verbesserungen und normierten Verbesserungen der Fixpunkte. Zahlreiche Beobachtungen weisen grosse (normierte) Verbesserungen auf. Der grösste Wert ist beim Punkt 14 (Nordkomponente) vorhanden:

Nr	obs.	Name	Typ	ori./Beob.	Nr	Gr.	Korr.	v	Std-Abw.	zi	Nabla	wi	gi
				[g]/[m]			[cc]/[mm]	[cc]/[mm]	[cc]/[mm]	[%]	[cc]/[mm]	[cc]/[mm]	
St. Koord. beob. (Anschlusspunkte)													
49	4			2579837.34		E/y		-1.30	0.70	45	4	-2.7	2
50	4			1246836.07		N/x		1.00	0.70	61	4	1.8	
51	5			2579774.97		E/y		-0.20	0.70	54	4	-0.3	
52	5			1246925.42		N/x		1.70	0.70	67	4	2.9	-2
53	9			2579442.30		E/y		0.00	0.70	56	4	0.0	
54	9			1247554.56		N/x		3.40	0.70	67	4	5.9	-5
55	14			2579419.32		E/y		1.50	0.70	50	4	3.0	-2
56	14			1247596.32		N/x		-6.10	0.70	63	4	-10.9	9

Abbildung 3-19: Übersicht mit den Verbesserungen und normierten Verbesserungen der Fixpunkte aus der stochastisch gelagerten Berechnung des Projekts 2 (Lage)

Im Abschnitt «Höhen-Abriss» des Berechnungsprotokolls findet sich eine Übersicht mit den Verbesserungen und normierten Verbesserungen der Fixpunkte. Die Höhenbeobachtung des Punkt 14 weist eine normierte Verbesserung über dem Grenzwert auf.

Nr	obs.	Name	Typ	H.-	Diff.	Kontr.	v	Std-Abw.	zi	Nabla	wi	gi
				[m]		[mm]	[mm]	[mm]	[%]	[cc]/[mm]		[mm]
St. Höhen beob. (Anschlusspunkte)												
81	4			496.567			0.00	0.70	4	15	-0.1	
82	5			498.130			0.20	0.70	5	13	1.0	
83	9			510.984			0.30	0.70	3	16	2.2	
84	14			511.924			-0.40	0.70	2	19	-4.1	18

Abbildung 3-20: Übersicht mit den Verbesserungen und normierten Verbesserungen der Fixpunkte aus der stochastisch gelagerten Berechnung des Projekts 2 (Höhe)

Da von der Messequipe gemeldet wurde, dass der Bolzen des Punktes 14 beschädigt war, wird die Berechnung wiederholt, wobei der Punkt 14 nicht mehr als Fixpunkt verwendet wird. Um die bestehende Berechnung anzupassen (und zu überschreiben) muss im Projektbereich (rechtsklick auf die entsprechende Berechnung) oder im html-Protokoll auf «Ändern» geklickt werden:



Nr. obs.	Name	Typ	H. -Diff. [m]
St.	4		496.567
	49 5		1.565
	50		-1.564
	51 109		1.858
St.	5		498.130
	52 109		0.293
	53 7		6.747
	54		-6.738
	55 9		12.881
	56		-12.808
	57 8		11.784
	58		-11.730

Wird stattdessen das Modul LTOP erneut gestartet, entsteht eine neue Berechnung.

Es muss folgende Anpassung gemacht werden:

- Registerkarte «Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte»
 - «Fest- und variable Punkte»: Punkt «14» in Lage und Höhe deaktivieren.
- Registerkarte «Protokoll / Ausgabe»:
 - Zeile «Titel-Zeile 2»: Titel definieren, z. B. «Stochastisch gelagert auf 4, 5 und 9»

Danach die Berechnung erneut starten (unter Auswahl der richtigen Messdatei).

Die definitive Version der stochastisch gelagert Auswertung zeigt, dass bei den Fixpunkten 4, 5 und 9 nun keine auffälligen Beobachtungen mehr vorhanden sind. Zudem sind sämtliche Quotienten nahe bei 1. So-mit können wir davon ausgehen, dass unsere Fixpunkte in Ordnung sind und unser stochastisches Modell realistisch ist.

3.9. Gezwängt gelagerte Berechnung

Für diesen Schritt wird eine neue Berechnung erstellt. Nachfolgend sind nur die zu ändernden Elemente beschrieben.

- Konfiguration der Ausgleichung mithilfe der grafischen Benutzeroberfläche:
 - Symbol «LTOP» → «Definieren...»
- Allgemeine Angaben:
 - Festlegen eines Namens für den Berechnungsdatensatz (optional), z. B. «4_gezwängt_gela-gert»
- Registerkarte «Ausgleichungstyp und Konfiguration»
 - Ausgleichungstyp Lage wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «gezwängt»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Ausgleichungstyp Höhe wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «gezwängt»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
- Registerkarte «Protokoll / Ausgabe»:
 - Zeile «Titel-Zeile 2»: Titel definieren, z. B. «Gezwängt gelagert auf 4, 5 und 9»



- Eingegebene Parameter prüfen und mit «OK» bestätigen
- Abschnitt «Berechnungsparameter»
 - Zeile «Datei mit Koordinatenänderungen generieren»: aktivieren
- Abschnitt «Anwenden an»: Korrekte Messdatei auswählen
- Berechnung starten mit «Durchführen»

3.10. Analyse der Ergebnisse der gezwängt gelagerten Berechnung

Die Ausführung der Berechnung erzeugt verschiedene neue Dateien im Ordner «...\Projekt_2\calc\LTOP\0004».

Das Ziel bei einer gezwängt gelagerten Berechnung ist es, die Beobachtungen so zu «zwängen», dass sie sich möglichst gut in das durch die Fixpunkte definierte Netz einfügen. Um die Qualität der Integration neuer Punkte zu untersuchen, können wir die Konfidenzwerte und die Zuverlässigkeitsintervalle untersuchen.

Dem Abschnitt «Koordinaten und Höhen, variable Punkte (Neupunkte) mit Änderungen und empirischen Konfidenzwerten (Niveau: 95%)» des Protokolls können wir folgende Werte entnehmen:

- Grösste grosse Halbachse der Konfidenzellipsen (KEA): 1.64 mm
- Grösstes Höhenkonfidenzintervall (KIH): 9.07 mm

Im Abschnitt «Äussere Zuverlässigkeit und theoretische Konfidenzwerte (Niveau: 95%)» des Protokolls sind folgende Werte enthalten:

- Grösste äussere Zuverlässigkeit Lage (NA): 2.20 mm
- Grösste äussere Zuverlässigkeit Höhe (NH): 23.18 mm

Während die Lagekoordinaten der neuen Punkte von guter Qualität sind, weisen die Höhenkoordinaten deutlich schlechtere Genauigkeiten auf. Je nach geforderter Höhengenaugkeit könnte diese Werte mit zusätzlichen Messungen verbessert werden (z. B. mit einem Präzisionsnivelement).

3.11. Abschluss der Berechnung des tachymetrischen Netzes

Um die Berechnung abzuschliessen, muss das Projekt zuerst gespeichert und dann geschlossen werden:

- Symbol «Projekt speichern» 
- Symbol «Projekt schliessen» 

Die benötigten Dateien für die Dokumentation der vier Berechnungen sind in den jeweiligen Verzeichnissen «...\Projekt_2\calc\LTOP\000[1-4]» abrufbar.



4. Kombiniertes Netz (Tachymetrie und GNSS; 2+1D)

Ziel dieses Kapitels ist die Ausgleichung eines Netzes mit tachymetrischen sowie GNSS-Messungen. Hier gilt es, die Berechnungsschritte nacheinander fachgerecht durchzuführen und die Ergebnisse zu analysieren.

Hier kurz einige Informationen zum Hintergrund des Netzes und den verwendeten Daten:

Es handelt sich um ein Deformationsnetz einer Stauanlage. Die Verformungen der Stauanlage sollen mit hohem Konfidenzniveau nachgewiesen werden. Das Netz besteht aus vier Referenzpunkten / Fixpunkten (9010, 9012, 9013 und PIL.5) mit einer bekannten Genauigkeit von 9 mm in der Lage und 10 mm in der Höhe. Das Beobachtungsmaterial setzt sich aus Horizontalrichtungen, Höhenwinkeln, Schrägdistanzen und GNSS-Messungen zusammen.

Es werden die drei üblichen Berechnungsschritte (minimal, stochastisch und gezwängt gelagertes Netz) durchgeführt:

- Minimal gelagert (Kapitel 4.3)
- Stochastisch gelagert (Kapitel 4.5)
- Gezwängt gelagert (Kapitel 4.7)

Für den Punkt P3 sind nur Lagemessungen vorhanden. Für alle übrigen Punkte sind Lage- und Höhenmessungen vorhanden.

4.1. Input-Daten

Es sind folgende Daten vorhanden:

- Datei mit Lagekoordinaten und Höhen über dem Geoid «20230629_GeoS_Form_n3.koo»
- Datei mit den Beobachtungen «20230629_GeoS_Form_n3.mes»

4.2. Vorbereitung von GeoSuite und Erstellung des Projekts Nr. 3

- GeoSuite starten
- evtl. das Layout der Symbolleisten zurücksetzen
Registerkarte «Ansicht» / «Symbolleisten» / «Symbolleisten in den Ursprungszustand zurücksetzen»
- Ein neues Projekt erstellen:

- Symbol «Neues Projekt» 
- Speicherort des Projekts wählen
- Projektnamen vergeben, z. B. «Projekt_3.gsp»

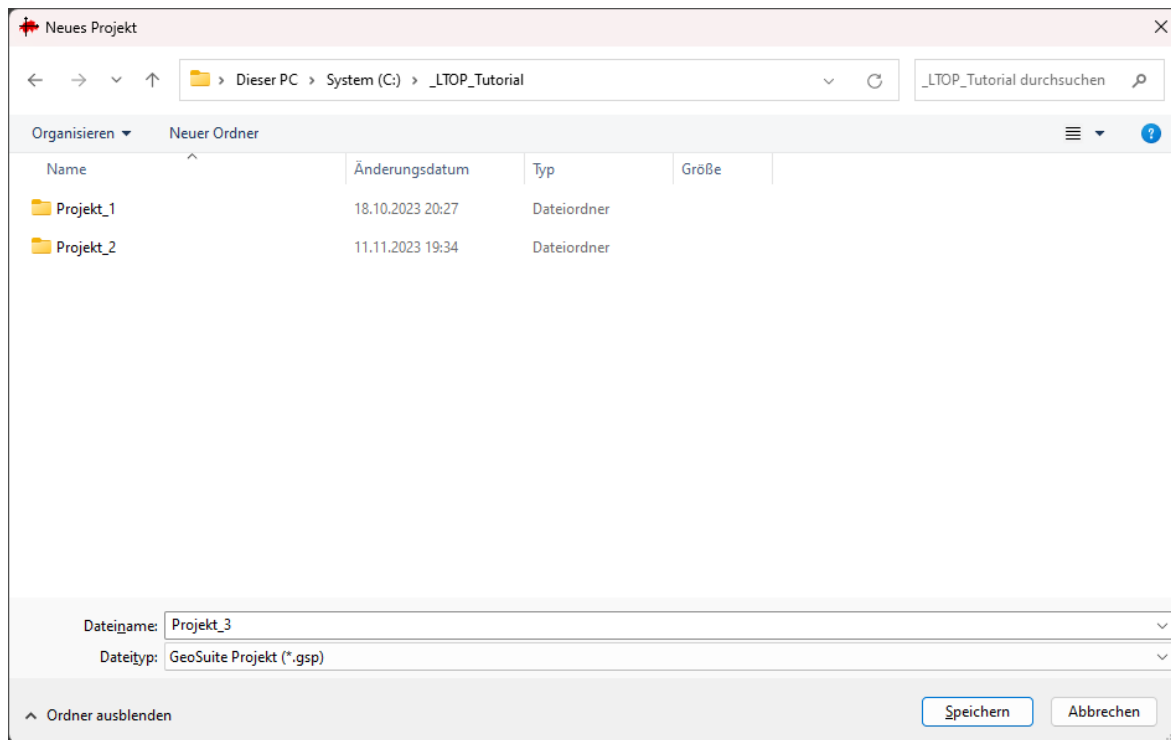


Abbildung 4-1: Erstellung des Projekts 3

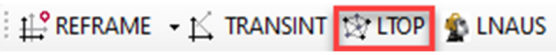
- Die Koordinaten- und Messdateien per Drag & Drop in das Anzeigefenster von GeoSuite ziehen.
- Der Ordner « ...\\Projekt_3\\data» wird automatisch erstellt und enthält die beiden Dateien.

Um Datenverluste vorzubeugen, sollte das Projekt von Zeit zu Zeit gespeichert werden:



4.3. Minimal gelagerte Berechnung (freies Netz)

- Konfiguration der Ausgleichung mithilfe der neuen grafischen Benutzeroberfläche

- Symbol «LTOP»  → «Definieren...»



- Allgemeine Angaben:
 - Festlegen eines Namens für den Berechnungsdatensatz (optional), z. B. «1_minimal_gelagert»
 - Den entsprechenden Anwendungsbereich / Vermessungstyp wählen:
 - «Anwendung / Vermessungstyp» → «Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2)»
- Registerkarte «Ausgleichungstyp und Konfiguration»
 - Ausgleichungstyp Lage wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «frei (minimales Datum)»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Ausgleichungstyp Höhe wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «frei (minimales Datum)»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Definition der freien Ausgleichung
 - Zeile «Separate .MES-Datei»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Automatisch .MES-Datei generieren und Kontrollpunkte setzen»: nicht ausgewählt
 - Stoppkriterien
 - Zeile «Maximale Anzahl der Iterationen»: 10
 - Zeile «Abbruchschranke [mm]»: 0.1

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_minimal_gelagert

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z. B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration | Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte | Funktionales Modell | Stochastisches Modell | Qualität / Zuverlässigkeit | Protokoll / Ausgabe

Ausgleichungstyp

Lage: Ausgleichungstyp: frei (minimales Datum) Höhe: Ausgleichungstyp: frei (minimales Datum)

Präanalyse: ☐ Präanalyse: ☐

Robuste Ausgleichung / Koeffizient: ☐ 0 Robuste Ausgleichung / Koeffizient: ☐ 0

Definition der freien Ausgleichung

☐ Separate .MES-Datei: C:\LTOP_Tutorial\Projekt_2\data\20230629_GeoS_Form_n2_frei.mes

☐ Automatisch .MES-Datei generieren und Kontrollpunkte setzen:

Definitionsmodus:

Festpunkt-Name:

Fiktives Referenzazimut zum Punkt:

Typ / Wert [g]: 0.0

Hinweis: die Koordinatendatei muss zuerst unter Registerkarte "Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte" definiert werden

Stoppkriterien

Maximale Anzahl der Iterationen: 10 10

Abbruchschranke [mm]: 0.1 0.1

Erweiterte Optionen

☐ Erweiterte Überprüfung der Plausibilität von Parametern (Koordinaten, Beobachtungen, Gruppen, GNSS usw.) deaktivieren

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 4-2: Ausgleichungstyp und Konfiguration der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3



- Registerkarte «Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte»

- Auswahl der Koordinatendatei, die verwendet werden soll (Datei aus der Liste auswählen oder mit dem Ordnersymbol):

Koordinatendatei
C:_LTOP_Tutorial\Projekt_3\data\20230629_GeoS_Fom_n3.koo

- ggf. mit dem Aktualisierungssymbol die Liste der Punkte aktualisieren

- «Projektionssystem»:

- Zeile «Bezugssystem»: «CH (LV95)»

- «Ursprungspunkt»:

- Zeile «Name»: NULLBERN

- «Koordinaten»

- «Festwerte»

- Ost: 2600000

- Nord: 1200000

- Höhe: 0

- «Fest- und variable Punkte»: Keine Punkte auswählen

- Rechtsklick in die Tabelle «Fest- und variable Punkte» und «(De-)Aktivierung aller Punkte» wählen

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_minimal_gelagert

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte Funktionales Modell Stochastisches Modell Qualität / Zuverlässigkeit Protokoll / Ausgabe

Koordinatendatei
C:_LTOP_Tutorial\Projekt_3\data\20230629_GeoS_Fom_n3.koo

Projektionssystem
Bezugssystem: CH (LV95): Schw
Referenz-Ellipsoid: BESSEL 1841
Grosse Halbachse (a) [m]: 6377397.155
Quadrat der 1. Exzentrizität: 0.006674372231

Ursprungspunkt
Name: NULLBERN
Koordinaten:
☐ Schwerpunkt (aller Fest- und variablen Punkte)
☒ Festwerte:
Ost (E/y) [m]: 2600000
Nord (N/x) [m]: 1200000
Höhe (H/h) [m]: 0

Fest- und variable Punkte

	Name	Festpunkt in der Lage	Festpunkt in der Höhe
1	9010	☐	☐
2	9012	☐	☐
3	9013	☐	☐
4	PIL.2	☐	☐
5	PIL.3	☐	☐
6	PIL.4	☐	☐
7	PIL.5	☐	☐
8	PIL.6	☐	☐
9	PIL.8	☐	☐
10	C	☐	☐
11	H	☐	☐
12	J	☐	☐
13	L	☐	☐
14	1.A	☐	☐
15	2.A	☐	☐
16	3.A	☐	☐
17	4.A	☐	☐

3 / 8 Festpunkte in der Lage
3 / 8 Festpunkte in der Höhe

Suchen... Punktliste bearbeiten...

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 4-3: Datumsdefinition und Wahl Festpunkte der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3



- Registerkarte «Funktionales Modell»

- «Azimut-Reduktion»: Bleibt inaktiv / grau
- «Lotabweichungen und Geoidundulationen berücksichtigen»: nicht ausgewählt
- «Distanzreduktion»: Mit Höhenwinkeln (mit a priori Höhen falls nicht verfügbar)
- GNSS-Sessionsparameter
 - Unten auf «Aus .MES-Datei generieren wählen» um eine Liste mit den Parametersätzen zu erstellen, welche in der Messdatei vorhanden sind
 - Liste wie folgt ausfüllen:

Tabelle 4-1: Parametersätze für die GNSS-Sessionen in der minimal gelagerten Berechnung (1. Iteration)

Name	dE	dN	rH	Massstab Lage	dH	rN	rE	Massstab Höhe
LIBRE	+	+	+	+	+	-	-	+
FIXE	-	-	-	-	-	-	-	-

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_minimal_gelagert

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration | Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte | **Funktionales Modell** | Stochastisches Modell | Qualität / Zuverlässigkeit | Protokoll / Ausgabe

Optionale Parameter

☐ Azimut-Reduktion (Reduktion wegen Zielpunkthöhe und Reduktion des ellipsoidischen Richtungswinkels in die Projektionsebene)

☐ Lotabweichungen und Geoidundulationen berücksichtigen

Distanzreduktion: Mit Höhenwinkeln (mit a priori Höhen falls nicht verfügbar)

GNSS-Sessionsparameter

	Name	dE	dN	rH	Massstab Lage	dH	rN	rE	Massstab Höhe	Beschreibung / Kommentar
1	LIBRE	+	+	+	+	+	-	-	+	
2	FIXE	-	-	-	-	-	-	-	-	

Hinzufügen Löschen Aus .MES-Datei generieren GNSS-Parameterliste bearbeiten...

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 4-4: Funktionales Modell der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3



- Registerkarte «Stochastisches Modell»:
 - Unterkarte «Lage»:
 - Auswahl der allgemeinen (theoretischen) Standardabweichungen:
 - Richtungen [cc]: 3.5
 - Azimute [cc]: für diese Berechnung nicht benötigt
 - Zentrierung [mm]: 0.2
 - GNSS-Koordinaten [mm]: 1
 - Festpunkte-Koordinaten [mm]: bleibt inaktiv / grau
 - Distanzen: für diese Berechnung nicht benötigt
 - Beobachtungsgruppen «Richtungen und Azimute»
 - Nicht benötigt, da in der Messdatei keine entsprechenden Gruppen definiert sind
 - Beobachtungsgruppen «Distanzen»
 - Evtl. bestehende Gruppen löschen (Rechtsklick → Ausgewählte Zeile(n) entfernen)
 - Neue Gruppe 3 erstellen (Rechtsklick → Neue Zeile am Ende der Liste hinzufügen):
 - Gruppe: 3
 - Add.-Konst.: 3
 - a [mm]: 0.3
 - b [mm/km]: 0.2
 - c [mm/km²]: 0.0
 - Neue Gruppe 4 erstellen (Rechtsklick → Neue Zeile am Ende der Liste hinzufügen):
 - Gruppe: 4
 - Add.-Konst.: 4
 - a [mm]: 2.0
 - b [mm/km]: 5.0
 - c [mm/km²]: 0.0



LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_minimal_gelagert

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z. B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte Funktionales Modell Stochastisches Modell Qualität / Zuverlässigkeit Protokoll / Ausgabe

Lage Höhe

Allgemeine (theoretische) Standardabweichungen Hinweis: Diese Werte können mit Gruppeneinstellungen der entspr. Spalte in der Messdatei überschrieben werden

Richtungen [cc]: 3.5 Azimute [cc]: 2.00

Zentrierung [mm]: 0.20

GNSS-Koordinaten [mm]: 1 Festpunkte-Koordinaten [mm]: 0.70

Distanzen Instrument: ME5000 4 a [mm]: 0.20 b [mm/km]: 0.20 c [mm/km²]: 0.00

Beobachtungsgruppen

Richtungen und Azimute Distanzen

Distanzgruppen:

	Gruppe	Instrument	Add.-Ko...	Mst.-Korr.	a [mm]	b [mm/km]	c [mm/km²]
1	3		3		0.3000	0.2000	0.0000
2	4		4		2.0000	5.0000	0.0000

Additionskonstanten:

Gruppe	Konst. [mm]
--------	-------------

Massstabskorrekturen:

Gruppe	Korr. [mm/km]
--------	---------------

Anmerkung: leer lassen, um den Wert zu schätzen

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 4-5: Stochastisches Modell Lage der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3



- Unterkarte «Höhe»:
 - Auswahl der allgemeinen (theoretischen) Standardabweichungen:
 - Höhenwinkel [cc]: 2
 - Distanzen zu normal signal. Punkten: 0.4
 - Distanzen zu Hochzielpunkten [mm]: 0.5
 - Höhendifferenz von 1km Nivellement: für diese Berechnung nicht benötigt
 - GNSS-Höhen [mm]: 5
 - IH - SH zu normal signal. Punkten [mm]: 0.4
 - IH - SH zu Hochzielpunkten [mm]: 0.5
 - Festpunkte-Höhen [mm]: bleibt inaktiv / grau
 - Gegenseitige Höhenwinkelmessungen:
 - Verarb. der gegenseit.: einzeln (G) / Gegenseitig gemessene Höhenwinkel werden einzeln verarbeitet (aber in aufeinanderfolgenden Zeilen im Protokoll dargestellt)
 - Faktor für einseitige Höhenbestimmung: bleibt inaktiv / grau
 - Refraktion:
 - Koeffizient (Konstante): 0.13
 - Standardabweichung: 0.5

The screenshot shows the LTOP software window with the 'Stochastisches Modell' tab selected. The interface includes a title bar, a menu bar, and a main content area with several input fields and buttons.

Name des Berechnungsdatensatzes: 1_minimal_gelagert

Anwendung / Vermessungstyp: Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z.B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration: Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte Funktionales Modell **Stochastisches Modell** Qualität / Zuverlässigkeit Protokoll / Ausgabe

Lage Höhe

Allgemeine (theoretische) Standardabweichungen

Höhenwinkel [cc]:	2	IH - SH zu normal signal. Punkten [mm]	0.4
Distanzen zu normal signal. Punkten	0.4	IH - SH zu Hochzielpunkten [mm]	0.5
Distanzen zu Hochzielpunkten [mm]:	0.5		
Höhendifferenzen von 1km Nivellement	0.00		
GNSS-Höhen [mm]:	5	Festpunkte-Höhen [mm]:	0.70

Gegenseitige Höhenwinkelmessungen

Verarb. der gegenseit.:	einzeln (G): Gege	Faktor für einseitige Höhenbestimmung:	1.732
-------------------------	-------------------	--	-------

Refraktion

Koeffizient (Konstante):	0.13	Standardabweichung:	0.5
--------------------------	------	---------------------	-----

Buttons: Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 4-6: Stochastisches Modell Höhe der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3



- Registerkarte «Qualität / Zuverlässigkeit»:
 - Wahl Konfidenzniveau: « $2.45\sigma = 95\%$ in der Lage / $1.96\sigma = 95\%$ in der Höhe»
 - «Ämtliche Vermessung»: für diese Berechnung nicht benötigt
 - Innere Zuverlässigkeit → Grenzwerte → Lage:
 - Normierte Verbesserung (wi): 2.5
 - Chiquadrat-Test (χ^2) [%]: 20
 - Wahrscheinlichkeit Risiko 2. Art (β): 5
 - Innere Zuverlässigkeit → Grenzwerte → Höhe:
 - Normierte Verbesserung (wi): 2.5
 - Chiquadrat-Test (χ^2) [%]: bleibt gesperrt / grau
 - Wahrscheinlichkeit Risiko 2. Art (β): 5
 - Äussere Zuverlässigkeit → Berechnungsmethode:
 - «für alle variablen Punkte: Zuverlässigkeitsrechtecke (A)»
 - Relative Fehler und Zuverlässigkeit: für diese Berechnung nicht benötigt

The screenshot shows the LTOP software interface with the 'Qualität / Zuverlässigkeit' tab selected. The interface is organized into several sections:

- Konfidenzniveau:** A dropdown menu showing '2.45σ = 95% in der Lage / 1.96σ = 95% in der Höhe'.
- Ämtliche Vermessung:** A checkbox for 'AV93-Zuverlässigkeit überprüfen' is unchecked. Below it, 'Toleranzstufe' is set to '2: Überbaute Gel' and 'Punktkategorie' is set to 'LFP3 (3)'.
- Innere Zuverlässigkeit:** This section is divided into 'Lage' and 'Höhe' columns. For 'Lage', the values are: Normierte Verbesserung (wi): 2.5, Chiquadrat-Test (χ^2) [%]: 20, and Wahrscheinlichkeit Risiko 2. Art (β): 5. For 'Höhe', the values are: Normierte Verbesserung (wi): 2.5, Chiquadrat-Test (χ^2) [%]: 20 (disabled), and Wahrscheinlichkeit Risiko 2. Art (β): 5.
- Äussere Zuverlässigkeit:** A dropdown menu for 'Berechnungsmethode' is set to 'für alle variablen Punkte: Zuverlässigkeitsrechteck (A)'.
- Relative Fehler und Zuverlässigkeit:** This section has two tabs: 'Lage' and 'Höhe'. Each tab contains a table for 'Relative empirische Konfidenzwerte (1 sigma)' and 'Relative Zuverlässigkeits-Rechtecke'. The tables have columns for '1. variabler Punkt' and '2. variabler Punkt'. Buttons for 'Hinzufügen...', 'Löschen', and 'Liste bearbeiten' are provided for each table.

At the bottom of the window, there are buttons for 'Zurücksetzen', 'Importieren...', 'Exportieren...', 'OK', and 'Abbrechen'.

Abbildung 4-7: Qualität / Zuverlässigkeit der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3



- Registerkarte «Protokoll / Ausgabe»:

- Zeile «Titel-Zeile 1»: Titel definieren, z. B. «GeoSuite-Kurs, 06.06.2024 - Tachymetrisches Netz»
- Zeile «Titel-Zeile 2»: Titel definieren, z. B. «Minimal gelagert»
- Zeile «Normalgleichungs-Matrizen (AtA) speichern»: nicht aktivieren
- Zeile «Varianz-Kovarianzmatrizen (Qxx) speichern»: nicht aktivieren
- Zeile «Koeffizientenmatrix (A) speichern»: nicht aktivieren
- Internationales Einheitensystem für Richtungen / Winkel verwenden (mgon statt cc): nicht aktivieren
- Zeile «Zusätzlich textbasierter Bericht im alten Format generieren (.pm)»: aktivieren
 - Ausgangssprache: Deutsch
 - Zeilen pro Seite: 85

LTOP

Name des Berechnungsdatensatzes:
1_minimal_gelagert

Anwendung / Vermessungstyp:
Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2) z. B. Deformationsmessung

Ausgleichungstyp und Konfiguration | Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte | Funktionales Modell | Stochastisches Modell | Qualität / Zuverlässigkeit | Protokoll / Ausgabe

Layout- und Inhaltsoptionen

Titel-Zeile 1: GeoSuite-Kurs, 30.11.2023 - Tachymetrisches Netz

Titel-Zeile 2: Minimal gelagert

☐ Normalgleichungs-Matrizen (AtA) speichern

☐ Varianz-Kovarianzmatrizen (Qxx) speichern

☐ Koeffizientenmatrix (A) speichern

☐ Internationales Einheitensystem für Richtungen/Winkel verwenden (mgon anstatt cc)

☒ Zusätzlich textbasierter Bericht im alten Format generieren (.pm)

Ausgangssprache: Deutsch

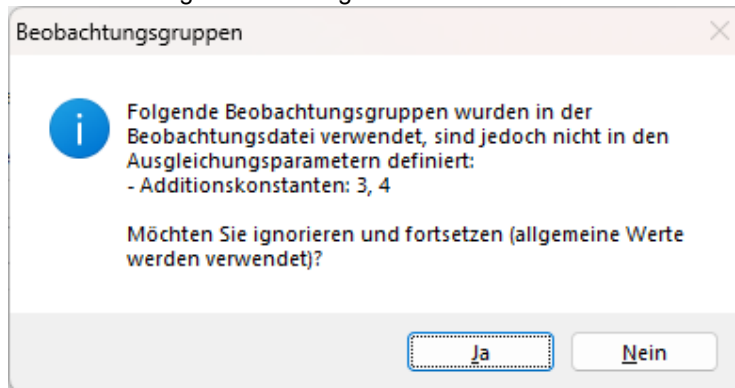
Zeilen pro Seite: 85

Zurücksetzen Importieren... Exportieren... OK Abbrechen

Abbildung 4-8: Protokoll / Ausgabe der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3



- Eingeegebene Parameter prüfen und mit «OK» bestätigen
- Es erscheint folgende Meldung:



- Meldung mit «Ja» bestätigen, weil die Parameter geschätzt werden sollen
- Abschnitt «Berechnungsparameter»
 - Zeile «Datei mit Koordinatenänderungen generieren»: aktivieren
- Abschnitt «Anwenden an»: Messdatei auswählen
- Berechnung starten mit «Durchführen»

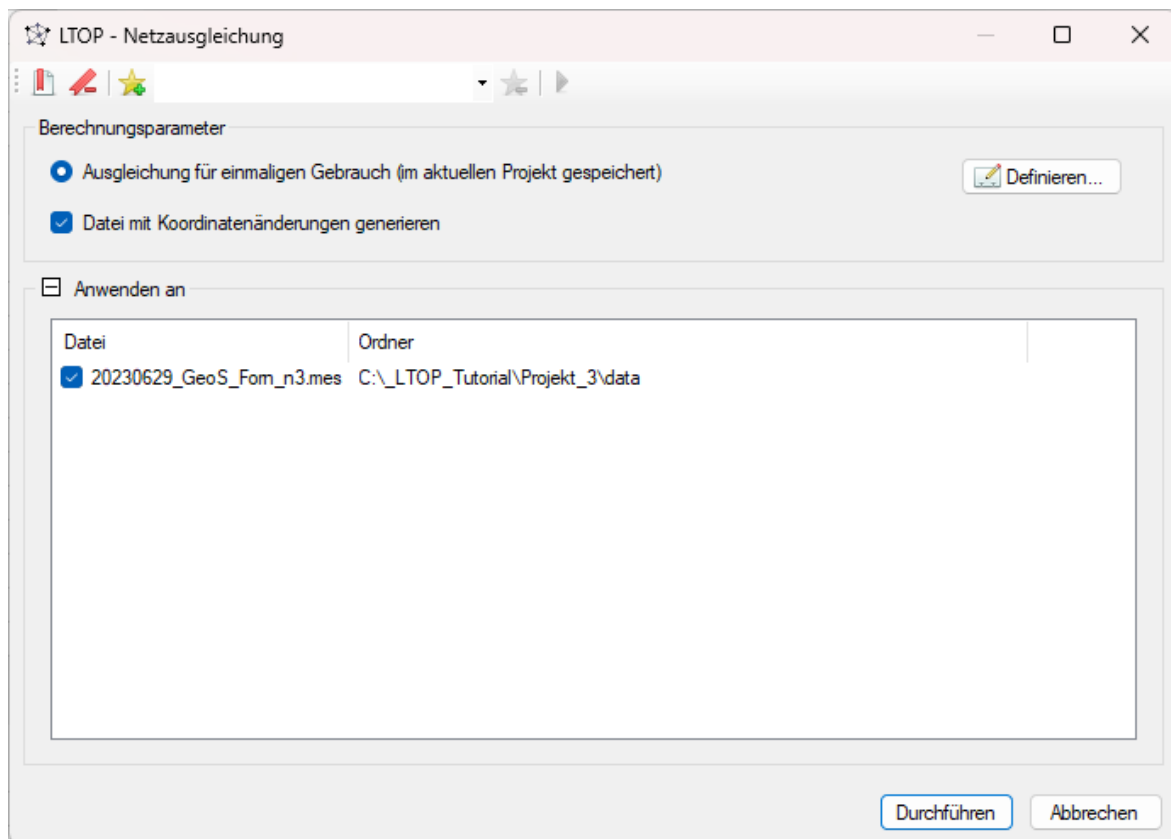


Abbildung 4-9: Starten der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3

Es erscheint ein Fenster mit Informationen über die Ausführung der Berechnung.

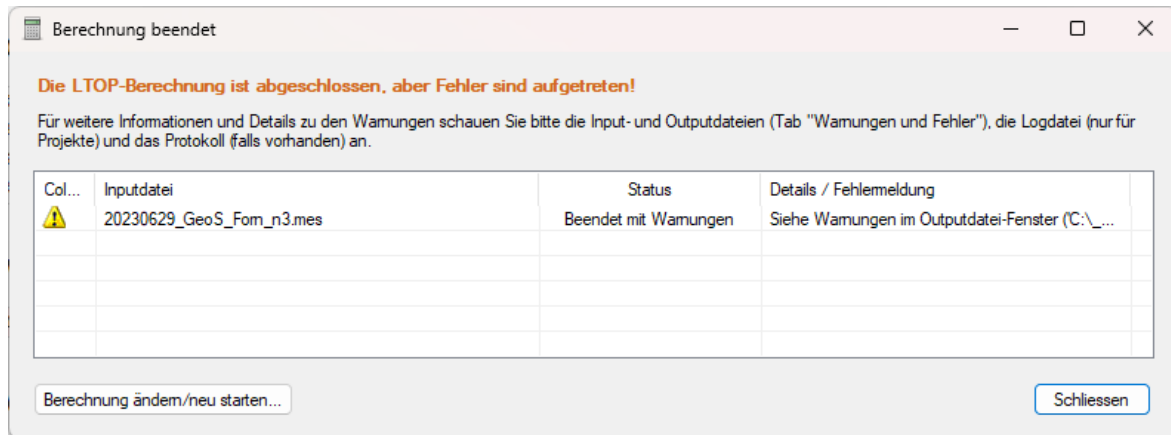


Abbildung 4-10: Bei der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3 sind Fehler aufgetreten

4.4. Analyse der Ergebnisse der minimal gelagerten Berechnung

Die Ausführung der Berechnung erzeugt verschiedene neue Dateien im Ordner «...\Projekt_3\calc\LTOP\0001». Die wichtigsten Dateien sind im Projektbereich sichtbar. Es handelt sich um eine Resultatdatei (.res), eine Koordinatendifferenzdatei (.gsv) und einen Berechnungsbericht im HTML-Format (ist auch als pdf vorhanden).

Ziel der minimal gelagerten Berechnung ist es, die Qualität des Beobachtungsmaterials zu prüfen. Allfällige schlechte Messungen sollen detektiert und entfernt werden. Die normierten Verbesserungen (wi), die lokalen Zuverlässigkeiten sowie die Quotienten sind hierfür von besonderem Interesse. Zudem kontrollieren wir die Additionskonstanten der Distanzgruppen sowie die Parameter der GNSS-Sessionen.

Im Abschnitt «Warnungen und Fehler» des Berechnungsprotokolls ist (je nach verwendeter GeoSuite-Version) folgende Fehlermeldung vorhanden:

Warnungen und Fehler
Mindestens eine Höhenunbekannte (variabler Punkt "P3") ist nicht bestimmt. Diese Unbekannte bleibt Null.

Abbildung 4-11: Fehlermeldung zum Punkt P3 beim Projekt 3

Da der Punkt P3 über keine Höhenbeobachtungen verfügt (resp. diese wurden alle eliminiert), kann diese Meldung ignoriert werden. Möchte man die Fehlermeldung aus dem Protokoll entfernen, gibt es zwei Möglichkeiten:

- Punkt P3 als Höhenfestpunkt verwenden
- Sämtliche Höhenbeobachtungen aus der Messdatei entfernen (löschen statt eliminieren)

In dieser ersten Iteration der minimal gelagerten Berechnung können wir folgendes feststellen:

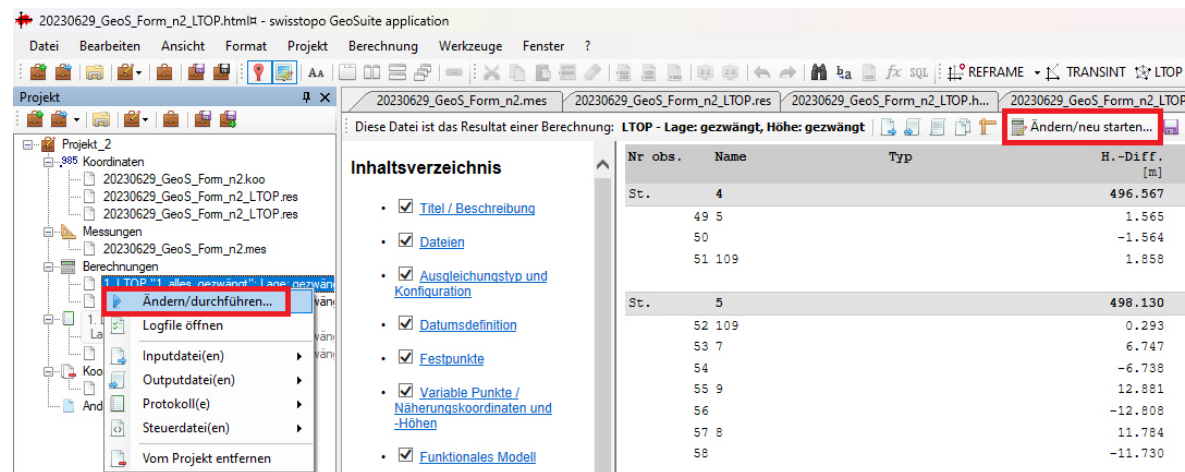
- Im Abschnitt «Standardabweichungen der Beobachtungsgruppen» ist ersichtlich, dass die geschätzten Additionskonstanten auf dem Signifikanzniveau 99% nicht signifikant sind und entfernt werden können.
- Im Abschnitt «Lage-Abriss» ist ersichtlich, dass die Rotationen und Massstäbe der GNSS-Sessionen nicht signifikant sind. Somit können diese entfernt werden.
- Im Abschnitt «Höhen-Abriss» ist ersichtlich, dass die Höhenmassstäbe nicht signifikant sind. Somit können diese auch entfernt werden.

Für die zweite Iteration der minimal gelagerten Berechnung sind folgende Anpassungen nötig:



- Messdatei: Die Namen der GNSS-Parametersätze der Sessionen G1, G3 und G4 wird auf «TRAS-NLA» geändert:
 - Zeile 519, Spalte «Name des GNSS-Satzes»: TRANSLA
 - Zeile 542, Spalte «Name des GNSS-Satzes»: TRANSLA
 - Zeile 555, Spalte «Name des GNSS-Satzes»: TRANSLA
- Messdatei speichern (Speichernsymbol oder CTRL+S)

Nun kann die Berechnung ohne die Additionskonstanten und ohne die entsprechenden GNSS-Parameter erneut durchgeführt werden. Achtung: Um die bestehende Berechnung anzupassen (und zu überschreiben) muss im Projektbereich (rechtsklick auf die entsprechende Berechnung) oder im html-Protokoll auf «Ändern» geklickt werden:



Wird stattdessen das Modul LTOP erneut gestartet, entsteht eine neue Berechnung.

Die GNSS-Parameter können wie folgt entfernt werden:

- Registerkarte «Funktionales Modell»
 - GNSS-Sessionsparameter
 - Unten auf «Aus .MES-Datei generieren wählen» um eine Liste mit den Parametersätzen zu erstellen, welche in der Messdatei vorhanden sind
 - Liste wie folgt ausfüllen:

Tabelle 4-2: Parametersätze für die GNSS-Sessionen in der minimal gelagerten Berechnung (2. Iteration)

Name	dE	dN	rH	Massstab Lage	dH	rN	rE	Massstab Höhe
FIXE	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSLA	+	+	-	-	+	-	-	-

Die Additionskonstanten können wie folgt entfernt werden:

- Registerkarte «Stochastisches Modell»:
 - Unterkarte «Lage»:
 - Beobachtungsgruppen «Distanzen»
 - Bei Gruppe 3 die Additionskonstante entfernen:
 - Gruppe: 3
 - ~~Add. Konst.: 3~~
 - a [mm]: 0.3
 - b [mm/km]: 0.2
 - c [mm/km²]: 0.0



- Bei Gruppe 4 die Additionskonstante entfernen:

- Gruppe: 4
- ~~Add. Konst.: 4~~
- a [mm]: 2.0
- b [mm/km]: 5.0
- c [mm/km²]: 0.0

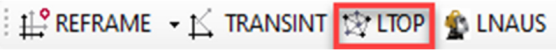
Danach die Berechnung erneut starten.

Die definitive Version der minimal gelagerten Berechnung zeigt, dass im Abschnitt «Standardabweichungen der Beobachtungsgruppen» alle Quotienten nahe bei 1 sind ($0.8 \leq \text{Quot.} \leq 1.2$). Im Lage- und Höhenabriss sind keine normierten Verbesserungen über dem Grenzwert vorhanden.

Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Beobachtungen nicht mit groben Fehlern behaftet sind und das stochastische Modell realistisch ist. Es zeigt sich jedoch, dass im Netz einige ungenügend kontrollierte Richtungsmessungen vorhanden sind (Bei Station PIL.5, Richtungsmessung auf Zielpunkt 4.D und Station P3, Richtungsmessungen auf Zielpunkte J ist die lokale Zuverlässigkeit $z_i > 25$).

4.5. Stochastisch gelagerte Berechnung (weiche Lagerung, AP als Beob.)

Für diesen Schritt wird eine neue Berechnung erstellt. Nachfolgend sind nur die zu ändernden Elemente beschrieben.

- Messdatei: Die Namen der GNSS-Parametersätze bei allen Sessionen wird auf «T+R» geändert:
 - Zeile 519, Spalte «Name des GNSS-Satzes»: T+R
 - Zeile 529, Spalte «Name des GNSS-Satzes»: T+R
 - Zeile 542, Spalte «Name des GNSS-Satzes»: T+R
 - Zeile 555, Spalte «Name des GNSS-Satzes»: T+R
- Messdatei speichern (Speichersymbol oder CTRL+S)
- Konfiguration der Ausgleichung mithilfe der grafischen Benutzeroberfläche:
 - Symbol «LTOP»  → «Definieren...»
- Allgemeine Angaben:
 - Festlegen eines Namens für den Berechnungsdatensatz (optional), z. B. «2_stochastisch_gelagert»
- Registerkarte «Ausgleichungstyp und Konfiguration»
 - Ausgleichungstyp Lage wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «Koordinaten der Festpunkte als Beobachtungen»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Ausgleichungstyp Höhe wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «Koordinaten der Festpunkte als Beobachtungen»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
- Registerkarte «Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte»
 - «Fest- und variable Punkte»: Die Punkte «9010», «9012», «9013» und «PIL.5» in Lage und Höhe als Festpunkte wählen.
- Registerkarte «Funktionales Modell»:
 - GNSS-Sessionsparameter



- Unten auf «Aus .MES-Datei generieren wählen» um eine Liste mit den Parametersätzen zu erstellen, welche in der Messdatei vorhanden sind
- Liste wie folgt ausfüllen:

Tabelle 4-3: Parametersätze für die GNSS-Sessionen in der stochastisch gelagerten Berechnung (1. Iteration)

Name	dE	dN	rH	Massstab Lage	dH	rN	rE	Massstab Höhe
T+R	+	+	1	-	+	-	-	-

- Registerkarte «Stochastisches Modell»:
 - Unterkarte «Lage»:
 - Auswahl der allgemeinen (theoretischen) Standardabweichungen:
 - Festpunkte-Koordinaten [mm]: 9.0
 - Unterkarte «Höhe»:
 - Auswahl der allgemeinen (theoretischen) Standardabweichungen:
 - Festpunkte-Höhen [mm]: 10.0
- Registerkarte «Protokoll / Ausgabe»:
 - Zeile «Titel-Zeile 2»: Titel definieren, z. B. «Stochastisch gelagert auf 9010, 9012, 9013 und PIL.5»
- Eingeegebene Parameter prüfen und mit «OK» bestätigen
- Abschnitt «Berechnungsparameter»
 - Zeile «Datei mit Koordinatenänderungen generieren»: aktivieren
- Abschnitt «Anwenden an»: Messdatei auswählen
- Berechnung starten mit «Durchführen»

4.6. Analyse der Ergebnisse der stochastisch gelagerten Berechnung

Die Ausführung der Berechnung erzeugt verschiedene neue Dateien im Ordner «...\Projekt_3\calc\LTOP\0002». Die wichtigsten Dateien sind im Projektbereich sichtbar.

Ziel der kombinierten (GNSS und Tachymetrie) stochastisch gelagerten Auswertung ist die Kontrolle der Fixpunkte. Zudem wird geprüft, ob es eine Verdrehung / Rotation des GNSS-Blocks gegenüber den Fixpunkten gibt. Zu diesem Zweck müssen vor allem die Verbesserungen, normierten Verbesserungen und Quotienten beurteilt werden.

Im Abschnitt «Lage-Abriss» des Berechnungsprotokolls findet sich eine Übersicht mit den Verbesserungen und normierten Verbesserungen der Fixpunkte. Keine der normierten Verbesserungen überschreitet den entsprechenden Grenzwert. Zudem ist die Rotation der GNSS-Sessionen nicht signifikant und kann entfernt werden.

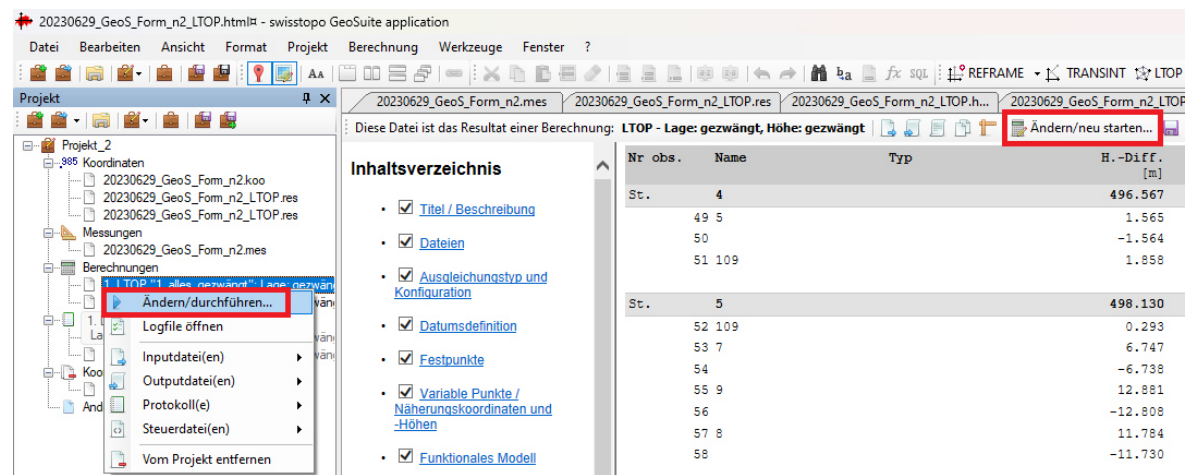
Im Abschnitt «Höhen-Abriss» des Berechnungsprotokolls findet sich eine Übersicht mit den Verbesserungen und normierten Verbesserungen der Fixpunkte. Auch hier sind keine normierten Verbesserungen über den Grenzwert vorhanden.

Für die zweite Iteration der stochastisch gelagerten Berechnung sind folgende Anpassungen nötig:

- Messdatei: Die Namen der GNSS-Parametersätze bei allen Sessionen auf «TRASNLA» ändern:
 - Zeile 519, Spalte «Name des GNSS-Satzes»: TRASNLA
 - Zeile 529, Spalte «Name des GNSS-Satzes»: TRASNLA
 - Zeile 542, Spalte «Name des GNSS-Satzes»: TRASNLA
 - Zeile 555, Spalte «Name des GNSS-Satzes»: TRASNLA
- Messdatei speichern (Speichersymbol oder CTRL+S)



Nun kann die Berechnung erneut durchgeführt werden. Achtung: Um die bestehende Berechnung anzupassen (und zu überschreiben) muss im Projektbereich (rechtsclick auf die entsprechende Berechnung) oder im html-Protokoll auf «Ändern» geklickt werden:



Wird stattdessen das Modul LTOP erneut gestartet, entsteht eine neue Berechnung.

Die Rotation bei den GNSS-Parametern kann wie folgt entfernt werden:

- Registerkarte «Funktionales Modell»:
 - GNSS-Sessionsparameter
 - Unten auf «Aus .MES-Datei generieren wählen» um eine Liste mit den Parametersätzen zu erstellen, welche in der Messdatei vorhanden sind
 - Liste wie folgt ausfüllen:

Tabelle 4-4: Parametersätze für die GNSS-Sessions in der stochastisch gelagerten Berechnung (2. Iteration)

Name	dE	dN	rH	Massstab Lage	dH	rN	rE	Massstab Höhe
TRASNLA	+	+	-	-	+	-	-	-

Danach die Berechnung erneut starten.

Die definitive Version der stochastisch gelagert Auswertung zeigt, dass bei den Fixpunkten 9010, 9012, 9013 und PIL.5 keine auffälligen Beobachtungen vorhanden sind. Zudem sind sämtliche Quotienten nahe bei 1. Somit können wir davon ausgehen, dass unsere Fixpunkte in Ordnung sind und unser stochastisches Modell realistisch ist.

Das die empirischen Genauigkeiten bei den Beobachtungen an den Fixpunkten in der Lage 8.8 mm und in der Höhe 9.9 mm betragen, kann bei der gezwängten Lagerung trotzdem zu Problemen führen, da diese Unsicherheiten dann in die Beobachtungen «gezwängt» werden.

4.7. Gezwängt gelagerte Berechnung

Für diesen Schritt wird eine neue Berechnung erstellt. Nachfolgend sind nur die zu ändernden Elemente beschrieben.

- Konfiguration der Ausgleichung mithilfe der grafischen Benutzeroberfläche:
 - Symbol «LTOP»     → «Definieren...»
- Allgemeine Angaben:
 - Festlegen eines Namens für den Berechnungsdatensatz (optional), z. B. «3_gezwängt_gelagert»



- Registerkarte «Ausgleichungstyp und Konfiguration»
 - Ausgleichungstyp Lage wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «gezwängt»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
 - Ausgleichungstyp Höhe wählen
 - Zeile «Ausgleichungstyp»: «gezwängt»
 - Zeile «Präanalyse»: nicht ausgewählt
 - Zeile «Robuste Ausgleichung / Koeffizient»: nicht ausgewählt
- Registerkarte «Protokoll / Ausgabe»:
 - Zeile «Titel-Zeile 2»: Titel definieren, z. B. «Gezwängt gelagert auf 9010, 9012, 9013 und PIL.5»
- Eingegebene Parameter prüfen und mit «OK» bestätigen
- Abschnitt «Berechnungsparameter»
 - Zeile «Datei mit Koordinatenänderungen generieren»: aktivieren
- Abschnitt «Anwenden an»: Messdatei auswählen
- Berechnung starten mit «Durchführen»

4.8. Analyse der Ergebnisse der gezwängt gelagerten Berechnung

Die Ausführung der Berechnung erzeugt verschiedene neue Dateien im Ordner «...\Projekt_3\calc\LTOP\0003». Die wichtigsten Dateien sind im Projektbereich sichtbar.

Das Ziel bei einer gezwängt gelagerten Berechnung ist es, die Beobachtungen so zu «zwängen», dass sie sich möglichst gut in das durch die Fixpunkte definierte Netz einfügen. Um die Qualität der Integration neuer Punkte zu untersuchen, können wir die Konfidenzwerte und die Zuverlässigkeitsintervalle untersuchen.

Dem Abschnitt «Koordinaten und Höhen, variable Punkte (Neupunkte) mit Änderungen und empirischen Konfidenzwerten (Niveau: 95%)» des Protokolls können wir folgende Werte entnehmen:

- Grösste grosse Halbachse der Konfidenzellipsen (KEA): 4.04 mm
- Grösstes Höhenkonfidenzintervall (KIH): 1.14 mm

Im Abschnitt «Äussere Zuverlässigkeit und theoretische Konfidenzwerte (Niveau: 95%)» des Protokolls sind folgende Werte enthalten:

- Grösste äussere Zuverlässigkeit Lage (NA): 9.43 mm
- Grösste äussere Zuverlässigkeit Höhe (NH): 1.32 mm

Interessant ist hier vor allem auch die Beobachtung der dH-Werte (Differenz der ausgeglichenen Werte gegenüber den Näherungswerten). Alle Objektpunkte von 1.A bis 5.D kommen ca. 7 mm höher zu liegen als in der Koordinatendatei angegeben. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um einen Fehler bei der Auswertung, sondern bei den Messungen im Gelände. Die Messequipe hat alle diese Zielmarken falsch angezielt (andere Markierung statt Zentrum), wodurch dieser Versatz entstand.

Ansonsten zeigt sich hier eine deutliche Verschlechterung bei den Quotienten und den normierten Verbesserungen. Die stochastische Lagerung zeigte bereits, dass in den Fixpunkten gewisse Unsicherheiten vorhanden sind. Entweder akzeptiert man die vorhandenen Zwänge oder verwendet eine stochastisch gelagerte Berechnung als definitive Variante (oder geht nochmals messen und bestimmt die Fixpunkte besser).

4.9. Abschluss der Berechnung des kombinierten Netzes

Um die Berechnung abzuschliessen, muss das Projekt zuerst gespeichert und dann geschlossen werden:



- Symbol «Projekt speichern»



- Symbol «Projekt schliessen»



Die benötigten Dateien für die Dokumentation der vier Berechnungen sind in den jeweiligen Verzeichnissen «...\Projekt_3\calc\LTOP\000[1-3]» abrufbar.



Literaturverzeichnis

Condamin, S. (2023). *Tutorial GeoSuite – Module REFAME und TRANSINT*. Wabern: swisstopo.

Condamin, S., Guerdat, D., Marti, U., & Ray, J. (2022). *GeoSuite - Module LTOP, TRANSINT und REFRAME* (Vol. 10-d). Wabern: swisstopo.

Gubler, E. (2002). *Beschreibung zum Programm LTOP Version 94* (Vol. 02-d). Wabern: swisstopo.

Smolik, M. (2023). *Tutoriel GeoSuite – Module LTOP*. Wabern: swisstopo.



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Erstellung des Projekts 1	4
Abbildung 2-2: Ausgleichstyp und Konfiguration der freien Ausgleichung des Projekts 1	5
Abbildung 2-3: Datumsdefinition und Wahl Festpunkte für Projekt 1	6
Abbildung 2-4: Funktionales Modell für Projekt 1	7
Abbildung 2-5: Stochastisches Modell für die minimal gelagerte Ausgleichung von Projekt 1	8
Abbildung 2-6: Qualität und Zuverlässigkeit für die minimale gelagerte Ausgleichung des Projekts 1	9
Abbildung 2-7: Protokoll / Resultate für minimal gelagerte Ausgleichung Projekt 1	10
Abbildung 2-8: Starten der minimal gelagerten Berechnung für Projekt 1	11
Abbildung 2-9: Berechnung der minimal gelagerten Auswertung für Projekt 1 ist in Ordnung	11
Abbildung 2-10: Ändern oder erneute Durchführung einer Berechnung	13
Abbildung 3-1: Erstellung des Projekts 2	17
Abbildung 3-2: Ausgleichstyp und Konfiguration der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2 ..	18
Abbildung 3-3: Datumsdefinition und Wahl Festpunkte der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2	19
Abbildung 3-4: Funktionales Modell der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2	20
Abbildung 3-5: Stochastisches Modell Lage der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2	21
Abbildung 3-6: Stochastisches Modell Höhe der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2	22
Abbildung 3-7: Qualität / Zuverlässigkeit der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2	23
Abbildung 3-8: Protokoll / Ausgabe der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2	24
Abbildung 3-9: Starten der Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2	25
Abbildung 3-10: Berechnung «alles gezwängt» des Projekts 2 ist in Ordnung	25
Abbildung 3-11: Distanzen mit sehr grossen normierten Verbesserungen	26
Abbildung 3-12: Richtungsmessungen mit sehr grossen normierten Verbesserungen	26
Abbildung 3-13: Ausgleichstyp und Konfiguration der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2	28
Abbildung 3-14: Datumsdefinition und Wahl Festpunkte der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2	29
Abbildung 3-15: Stochastisches Modell Lage der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2	30
Abbildung 3-16: Protokoll / Ausgabe der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2	31
Abbildung 3-17: Starten der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2	32
Abbildung 3-18: Übersicht über die erzielten Genauigkeiten der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 2	33
Abbildung 3-19: Übersicht mit den Verbesserungen und normierten Verbesserungen der Fixpunkte aus der stochastisch gelagerten Berechnung des Projekts 2 (Lage)	35
Abbildung 3-20: Übersicht mit den Verbesserungen und normierten Verbesserungen der Fixpunkte aus der stochastisch gelagerten Berechnung des Projekts 2 (Höhe)	35
Abbildung 4-1: Erstellung des Projekts 3	39



Abbildung 4-2: Ausgleichstyp und Konfiguration der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3	40
Abbildung 4-3: Datumsdefinition und Wahl Festpunkte der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3	41
Abbildung 4-4: Funktionales Modell der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3.....	42
Abbildung 4-5: Stochastisches Modell Lage der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3	44
Abbildung 4-6: Stochastisches Modell Höhe der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3	45
Abbildung 4-7: Qualität / Zuverlässigkeit der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3	46
Abbildung 4-8: Protokoll / Ausgabe der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3.....	47
Abbildung 4-9: Starten der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3	48
Abbildung 4-10: Bei der minimal gelagerten Berechnung des Projekts 3 sind Fehler aufgetreten.....	49
Abbildung 4-11: Fehlermeldung zum Punkt P3 beim Projekt 3.....	49



Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Parametersätze für die GNSS-Sessionen in der minimal gelagerten Berechnung (1. Iteration)	42
Tabelle 4-2: Parametersätze für die GNSS-Sessionen in der minimal gelagerten Berechnung (2. Iteration)	50
Tabelle 4-3: Parametersätze für die GNSS-Sessionen in der stochastisch gelagerten Berechnung (1. Iteration)	52
Tabelle 4-4: Parametersätze für die GNSS-Sessionen in der stochastisch gelagerten Berechnung (2. Iteration)	53

