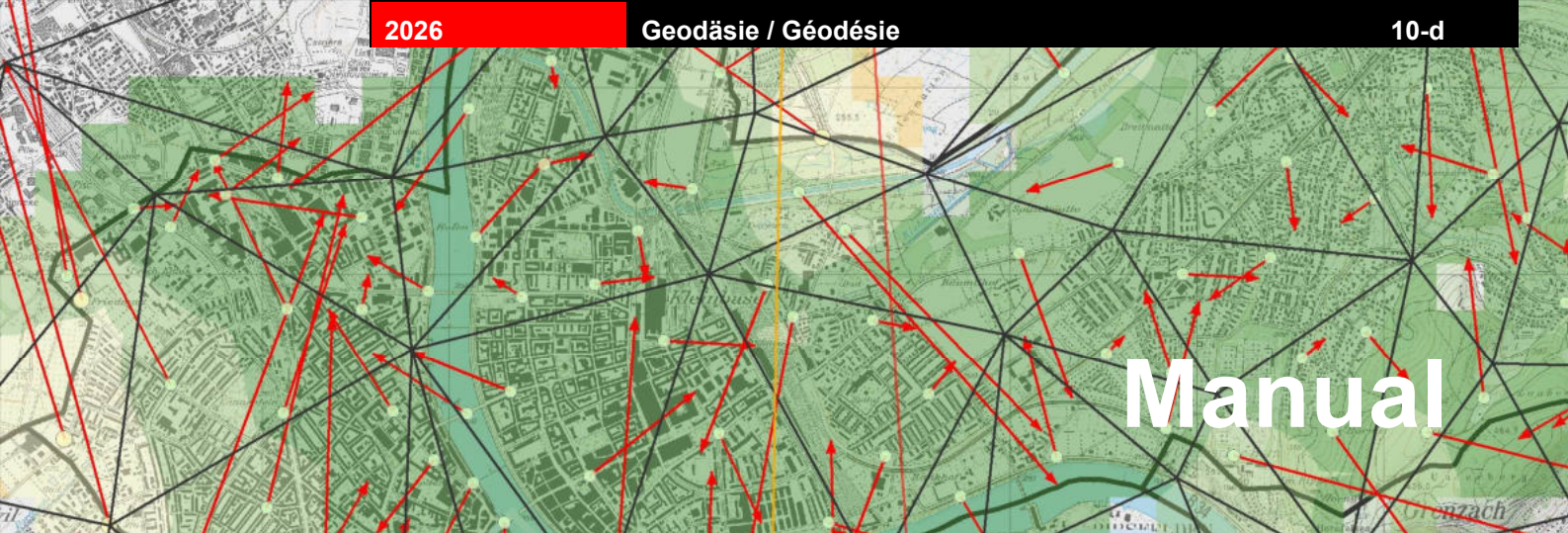




Manual

GeoSuite Modul LTOP Modul TRANSINT Modul REFRAME

10-d

September 2026

Sebastian Condamin
Damien Guerdat
Urs Marti
Jérôme Ray

Benutzeranleitung für die geodätische Software-Plattform GeoSuite mit integriertem Datei-Editor, dem Berechnungsmodul LTOP zur Ausgleichung von Beobachtungen, dem Berechnungsmodul TRANSINT für Transformationen / Interpolationen, dem Berechnungsmodul REFRAME zum Bezugsrahmenwechsel in Lage und Höhe für Anwendungen in der Landesvermessung oder in der amtlichen Vermessung sowie einem Modul für Visualisierungen.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Office fédéral de topographie swisstopo
Ufficio federale di topografia swisstopo
Uffizi federal da topografia swisstopo

www.swisstopo.ch

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung zu GeoSuite	5
2 Neuheiten	6
3 Installation	7
3.1 Systemvoraussetzungen	7
3.2 Installation	7
3.3 Lizenz	8
3.4 Update	8
4 Grundlegende Konzepte	9
4.1 Editieren oder Darstellen von Daten	9
4.2 Berechnungen	10
4.3 Projektverwaltung	11
4.4 Batch-Verarbeitung	11
5 Bedienung von GeoSuite	12
5.1 Wahl der Sprache	12
5.2 Bedienelemente	12
5.3 Anordnung der Fenster	13
5.4 Erstellen, Öffnen, Speichern und Schliessen von Dateien	14
5.5 Editieren von Dateien	16
5.6 Import	22
5.6.1 Microsoft Excel Dateien	22
5.6.2 Leica GSI Dateien	24
5.7 Konvertierung	25
5.8 Sortieren von LTOP-Messdateien	25
5.9 Export	26
5.10 Vergleichen von Dateien	27
5.11 Visualisierung der Daten	28
5.12 Projekte	36
5.13 Verschiedene Werkzeuge	38
5.14 Hilfe und Support	38
6 Das Modul LTOP	40
6.1 Einleitung	40
6.2 Fenster LTOP - ResMap	41
6.3 Struktur der LTOP-Steuerdatei (DAT)	50
6.4 Fehlermeldungen	70
6.5 Plausibilitätstests	73
6.6 Praktische Anwendung, Vorgehen bei der Berechnung, Beurteilung der Resultate	75
6.6.1 Ablauf einer trigonometrischen Berechnung	75
6.6.2 Erklärung der einzelnen Berechnungsphasen	76
6.6.3 Ausgleichung mit Koordinaten der Anschlusspunkte (AP) als Beobachtungen	78
6.6.4 Freie Ausgleichung	79
6.6.5 Ausgleichung von GNSS-Koordinatensätzen	80
6.6.6 Wahl der definitiven Festpunkte	81
6.6.7 Definitive Ausgleichung	81
7 Das Modul REFRAME	83
7.1 Allgemeine Beschreibung und technische Eigenschaften	83
7.2 Fenster REFRAME	83
7.3 Berechnungsparameter	84
7.3.1 Bezugsrahmenwechsel in der Lage	84
7.3.2 Bezugsrahmenwechsel in der Höhe	85
7.4 Anwenden und Ausführen der Berechnungen	85
7.5 Besonderheiten der Transformation von Rasterdaten (Georeferenzierung)	86
7.5.1 Einführung	86
7.5.2 Wahl der zu transformierenden Dateien und Festlegen der Resultat-Dateien	86
7.5.3 Transformationsmöglichkeiten	86
7.5.4 Raster-Optionen	86
7.5.5 Details der Transformation / Protokoll	89
7.6 Resultat-Dateien	90
8 Das Modul TRANSINT	91
8.1 Allgemeine Beschreibung und technische Eigenschaften	91
8.2 Fenster TRANSINT	92

8.3 Berechnungsparameter	92
8.3.1 Transformation	93
8.3.2 Interpolation	94
8.3.3 Stützpunkte	99
8.4 Anwenden und Ausführen der Berechnungen	100
8.5 Resultat-Dateien	101
8.6 Interpolationsgitter	101
9 Batch-Verarbeitung	104
9.1 Klassische Version (Benutzeroberfläche)	104
9.2 Konsolen-Version	105
9.2.1 Allgemein	105
9.2.2 REFRAME	106
9.2.3 TRANSINT	107
9.3 Sonderheiten für einige Dateiformate, die nur in der Batch-Verarbeitung unterstützt werden	109
9.3.1 ESRI Shapefile / QGIS	109
9.3.2 AutoCAD DXF-Zeichnungen	109
9.3.3 Transferdateien im Format Interlis 1	110
10 Theoretische Grundlagen	111
10.1 LTOP	111
10.1.1 Die Zuverlässigkeitsindikatoren	111
10.1.2 Mathematisches Modell in LTOP	116
10.2 REFRAME	117
10.2.1 Grundlagen und technische Spezifikationen	117
10.2.2 Transformationsparameter REFRAME	121
10.3 TRANSINT	122
10.3.1 Einleitung	122
10.3.2 Robuste Ähnlichkeitstransformation	123
10.3.3 Interpolation nach verbessertem gewogenem Mittel "TRANSINT"	127
10.3.4 Interpolation nach der modifizierten Shepard-Methode	131
10.4 FINELTRA	133
10.4.1 Einführung	133
10.4.2 Das mathematische Modell	134
10.4.3 Die numerische Lösung	135
10.4.4 Hauptmerkmale der Transformation	136
10.4.5 Das Dreiecksvermaschungsfile	136
10.4.6 Die Verzerrungskomponenten der affinen Abbildung	139
11 Referenzen	142
12 Anhänge	144
12.1 A - Erstellung einer thematischen Karte in GeoSuite	144
12.1.1 Rohdarstellung	144
12.1.2 Benützung der Ebeneneigenschaften	144

1 Einführung zu GeoSuite

GeoSuite bildet den geodätischen Werkzeugkasten von swisstopo. Es handelt sich um einen interaktiven, leistungsstarken „geodätischen Werkzeugkasten“, mit welchem Geodaten editiert, analysiert und visualisiert werden können, optimiert auf die neusten Computer und Betriebssysteme.

GeoSuite enthält das Berechnungsmodul TRANSINT für die Transformation und Interpolation, das Modul REFRAAME für den Bezugsrahmenwechsel und das Modul LTOP zur Ausgleichung von Beobachtungen.

Die vorliegende Gebrauchsanweisung beschreibt die Neuerungen, Installationsanweisungen und das grundlegende Konzept von GeoSuite, sowie die Benutzung der Software und der Berechnungsmodule. Die theoretischen Elemente der Berechnungsmodule werden im Kapitel [Theoretische Grundlagen](#) erläutert.

2 Neuheiten

GeoSuite 1.7 markiert den Übergang zu einer neuen Generation der Anwendung, die nun direkt von swisstopo verwaltet und aktualisiert wird.

GeoSuite wird neu ausschliesslich als 64-Bit-Anwendung bereitgestellt.

ResMap ist in GeoSuite integriert und ermöglicht die Visualisierung der PRNX-Dateien aus LTOP-Berechnungen.

Die GeoSuite Software wird ständig verbessert und Updates werden regelmäßig veröffentlicht (siehe Kapitel [Update](#)).

Die vorgenommenen Korrekturen und Neuerungen sind in die Änderungshistorie « [Changelog](#) » ausführlich beschrieben.

3 Installation

3.1 Systemvoraussetzungen

GeoSuite 1.7 ist eine **64-Bit-Anwendung** und mit **Microsoft Windows 10 und Windows 11** kompatibel.

Die Mindestanforderungen sind:

- 64-Bit-Prozessor mit 1 GHz oder höher
- Mindestens 2 GB Arbeitsspeicher (RAM)
- Microsoft Windows 10 oder Windows 11, 64 Bit
- Microsoft .NET Framework 4.8
- Für bestimmte Funktionen, insbesondere für Online-Karten und die Suche nach Updates, ist eine Internetverbindung erforderlich
- Für die Dokumentation wird ein Programm zur Anzeige von PDF-Dateien empfohlen

Bestimmte Funktionen von GeoSuite können auch über die Kommandozeile unter Linux mithilfe von Mono* verwendet werden.

* Mono ist eine freie Entwicklungsplattform, basierend auf einer Implementierung der virtuellen Maschine Microsoft .NET, verfügbar für die Umgebungen Windows, Mac OS, Linux und Android.

3.2 Installation

Mit dem zur Verfügung stehenden Installations-Assistent ist die Installation von GeoSuite vollständig automatisiert. Folgen Sie einfach den Anweisungen auf dem Bildschirm.

Der Vorgang dauert wenige Minuten und erfordert wenig Benutzereingriff. Es ist notwendig, die Sprache sowie das Zielverzeichnis für die Installation zu definieren.



Abbildung 3 - 1: Installationsverzeichnis für GeoSuite wählen

GeoSuite 1.7 ist ausschliesslich als 64-Bit-Version verfügbar. Microsoft .NET Framework 4.8 muss auf dem System installiert sein.

Bemerkung: Für die Installation von GeoSuite werden lokale Administratorenrechte benötigt.

3.3 Lizenz

Sowohl der Dateieditor wie auch die Berechnungsmodule von GeoSuite sind kostenlos.

GeoSuite kann unter folgendem Link kostenlos heruntergeladen werden:

<https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodaetische-software-geosuite>

Nutzung der Geodienste von geo.admin.ch: Die Geodaten und Geodienste unterliegen den geltenden Nutzungsbedingungen von swisstopo und der Bundes-Geodaten-Infrastruktur (BGDI). Die Nutzung ist unter Einhaltung der Fair-Use-Regeln kostenlos. Die Nutzungsbedingungen sowie die Vorgaben zur Quellenangabe sind zu beachten.

3.4 Update

Die GeoSuite Software wird ständig verbessert und neue Versionen werden regelmässig veröffentlicht.

Um GeoSuite zu aktualisieren, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Laden Sie die Vollversion herunter und installieren Sie sie [GeoSuite \(admin.ch\)](https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodaetische-software-geosuite). Die bestehende Version wird je nach Alter aktualisiert oder ersetzt.
- Online-Update: Führen Sie den Befehl «Auf Updates prüfen» aus dem Menü «?»

Die schnellste Methode ist das Online-Update: GeoSuite prüft, ob eine neuere Version verfügbar ist und bietet an, diese sofort zu installieren. In diesem Fall muss GeoSuite neu gestartet werden. Es ist möglich, die automatische Update-Überprüfung in den Allgemeine Optionen (Menü «Werkzeuge») zu aktivieren. In diesem Fall wird bei jedem Start der Anwendung automatisch die Existenz einer neueren Version geprüft.

Wenn das Update nicht funktioniert, weil keine Internetverbindung besteht oder aufgrund von Zugriffsbeschränkungen (Firewall), ist es möglich, das Update manuell mit einem Standardbrowser von einer Workstation mit Internetzugang herunterzuladen. Besuchen Sie [GeoSuite \(admin.ch\)](https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodaetische-software-geosuite) und laden Sie das entsprechende Update herunter.

Entpacken Sie dann den Inhalt des heruntergeladenen Archivs, führen Sie «Geosuite17_setup.exe» aus und folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm.

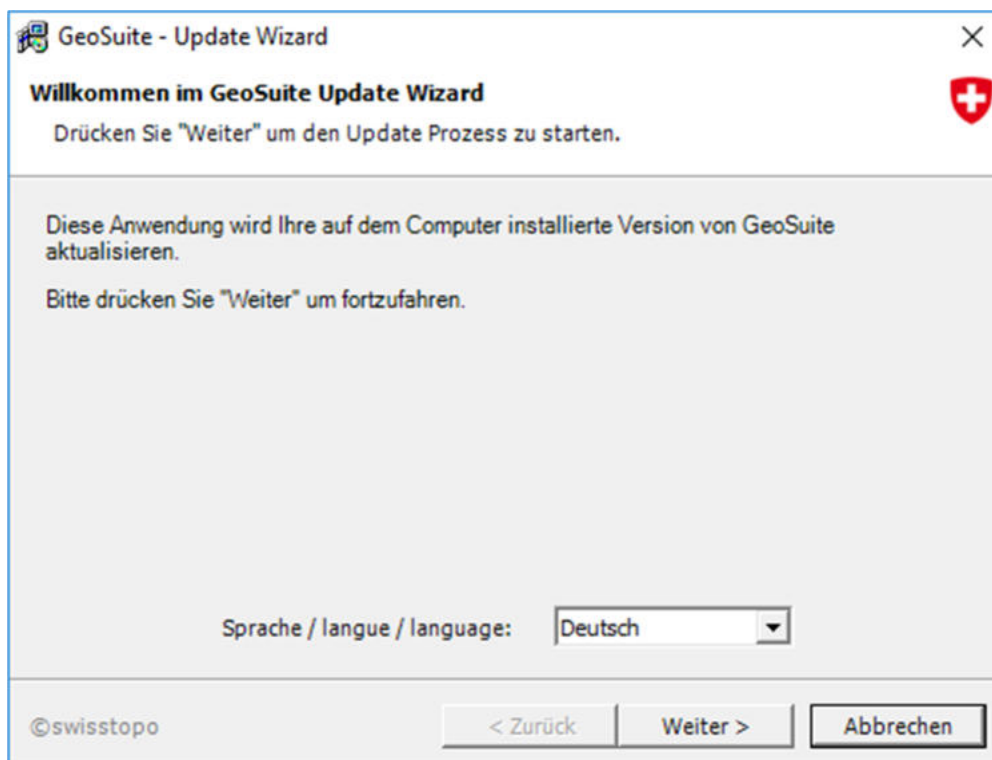


Abbildung 3 - 3: Update installieren

Bemerkung: Wenn ein Problem bei der Verbindung mit dem Internet mit GeoSuite auftritt, kann ein Proxy-Server manuell unter «Werkzeuge - Allgemeine Optionen - Internetoptionen» konfiguriert werden.

4 Grundlegende Konzepte

In diesem Kapitel werden die grundlegenden Konzepte von GeoSuite hinsichtlich Editieren und Visualisieren von Dateien, Berechnungen, Projekten und Batch-Verarbeitung beschrieben.

4.1 Editieren oder Darstellen von Daten

Die Funktionalitäten des Dateieditors und der Datenvisualisierung von GeoSuite sind:

- Öffnen von Dateien in Tabs
- Gute Lesbarkeit und einfache Änderung dank Tooltips oder Auswahllisten
- Überprüfung der zulässigen Wertebereiche
- Suchen/Ersetzen
- Sortieren von Daten
- Werte berechnen oder updaten von mehreren Zellen
- Funktion zur bedingten Wertänderung (ähnlich einer SQL-Abfrage)
- Rückgängig machen/Wiederherstellen
- Kopieren/Einfügen (intern und extern, z. B. von/nach Tabellenkalkulationsprogrammen oder Text-Editoren)
- Formatkonvertierungs-, Import- und Exportfunktionen
- Dynamische Anordnung von Fenstern der Benutzeroberfläche
- Vergleich von Dateien
- Synchronisiertes Scrollen in mehreren Dateien
- Druckvorschau
- Lokalisierung der ausgewählten Punkte auf einem Kartenausschnitt
- Grafische Darstellung der Punktdaten

GeoSuite ermöglicht - je nach Dateiformat - verschiedene Verarbeitungs- und Darstellungsarten:

- Koordinaten- und Messdateien:

Diese Dateien können in einem « intelligenten » Editor in Form eines Datenblattes (Tabelle) dargestellt werden. Jeder Wert kann unabhängig in einer Zelle bearbeitet werden. Der Datentyp (Text, numerischer Wert, Ja/Nein-Wert, usw.) sowie der Datenbereich (Minimum, Maximum, Auswahlliste) werden geprüft. Das Verhalten des Editors ist ähnlich jenem eines Tabellenkalkulationsprogramms, mit Werkzeugen für Auswahl, Sortieren, Filtern, Suchen, Berechnen usw.

Folgende Dateitypen werden vom GeoSuite-Editor unterstützt:

- LTOP (Koordinaten, Messungen und DAT-Parameterdatei)
- Bernese GPS Software
- Trimble CSV (P, E, N, Elev, Code)
- Points MD.01-MO-VD
- PCTRI-Satzmessungen
- PCNIV-Beobachtungen (Landesnivellement)
- FINELTRA-Dreiecksvermaschung
- GeoSuite-Koordinatendifferenzen (GSV)
- Textdateien im ENU-Format (East, North, Up; resp. Ost, Nord, Höhe), getrennt durch ein Leerzeichen)
- Textdateien im CSV-Format. Folgender Spaltenaufbau wird dabei unterstützt:
 - 2 Werte: E/Y/L, N/X/B
 - 3 Werte: E/Y/L, N/X/B, H/Z
 - 4 Werte: ID/Nummer, E/Y/L, N/X/B, H/Z
 - 5 Werte oder mehr: ID/Nummer, E/Y/L, N/X/B, H/Z, Kommentar(e)

Auch ein Werkzeug zur grafischen Darstellung steht zur Verfügung: Die geografischen Informationen einer

im Editor geöffneten Datei (Punkte oder Resultate, Transformationsdatensätze, Vektoren, Fehlerellipsen, Zuverlässigkeitsrechtecke, usw.) werden ähnlich wie in einem CAD-Programm in Ebenen dargestellt. Somit ist es auch hier möglich zu verschieben, zu zoomen oder zu messen. Die anzuzeigenden Daten können ausgewählt und die Darstellungsart der Ebenen modifiziert werden. Verschiedene Hintergrundbilder und swisstopo-Basisdaten können ebenfalls hinzugefügt werden.

Der Kartenausschnitt seinerseits erlaubt die grobe Lokalisierung des aktiven Punktes der aktuellen Datei auf einer Schweizer Landeskarte oder einem Orthofoto.

- GIS- und CAD-Dateien sowie andere proprietäre Formate mit geografischen Informationen:

Diese Dateien können mit dem GeoSuite-Editor nicht geöffnet, visualisiert oder modifiziert werden, können aber mit den verschiedenen Rechenmodulen transformiert werden. Dafür muss das Transformationswerkzeug im Batch-Modus benutzt werden.

Zusätzlich zu den oben erwähnten vom Editor unterstützten Dateien, welche auch im Batch-Modus transformiert werden können, werden auch folgende Dateien verarbeitet:

- ESRI Shapefile
- AutoCAD DXF
- INTERLIS 1 (ITF/ILI), INTERLIS 2 (XML/ILI)
- Topobase K
- OGC GeoPackage
- ASPRS LASer
- GeoJSON
- Adalin One
- ESRI World file
- GeoTIFF
- ECW

- Web-Dateien und Webseiten:

GeoSuite besitzt auch einen internen Web-Browser und ermöglicht somit die Anzeige von lokalen HTML-Dokumenten oder online Webseiten. Es gibt auch eine Funktionalität zur Anzeige von KML-Dokumenten: Die geografischen Informationen werden mit dem Geoportal des Bundes verbunden und somit stehen dessen Basisfunktionen voll zur Verfügung (Hintergrundbild, Zoom, Verschieben, Auswahl, Messen, usw.).

Markup-Language basierte Formate, welche von GeoSuite unterstützt sind:

- HTML-Dokumente (lokal oder online)
- KML-Dokumente

- Nicht unterstützte Dateiformate:

Diese Dateien werden nicht formatiert, sondern als einfache Textdatei dargestellt, wie z. B. in einem einfachen ASCII-Editor.

4.2 Berechnungen

Die Berechnungen mit LTOP, TRANSINT oder REFRAME können durchgeführt werden, sobald eine Datendatei aktiv ist. Falls keine aktiv ist, bleibt das Icon von LTOP teilweise inaktiv (nur interaktive Transformation wird verfügbar), während das Fenster von REFRAME oder TRANSINT zwar geöffnet werden kann (für die Konsultierung der vordefinierten Parameter) aber keine Berechnung gestartet werden kann. Detaillierte Status-, Fehlermeldungen und Warnungen begleiten die Berechnungsvorgänge.

GeoSuite kann folgende geodätische Berechnungen ausführen:

- Präanalyse und Ausgleichung von Polygonnetzen, Triangulationsnetzen, Kombinationen von GNSS-Beobachtungen und terrestrischen Messungen sowie behelfsmässig auch Nivellementnetzen ([LTOP](#))
- Transformationen (2P, 3P, 4P oder 6P [TRANSINT](#)) und Interpolationen nach dem arithmetischen Mittel mit/ohne Berücksichtigung der Passpunktkorrelation, inklusive über Dreiecksvermaschung (Affintransformation mit finiten Elementen ? FINELTRA) und Interpolationsgitter
- Bezugsrahmenwechsel (geografische Koordinaten, geozentrische Koordinaten oder Projektionskoordinaten UTM in ETRF93/CHTRF95/~WGS84 / Projektionskoordinaten in LV95 oder LV03 / ellipsoidische Höhen / orthometrische Höhen LHN95 / Gebrauchshöhen LN02 [REFRAME](#))
- Generierung von Interpolationsgittern für sehr schnelle Interpolationen resp. Generierung eines offiziellen Entzerrungs-Datensatzes
- Dateivergleich mittels Differenzberechnung

- Batch-Verarbeitung

Die Berechnungsoptionen, wie die Anzahl Dezimalstellen oder die automatische grafische Darstellung, können unter «Werkzeuge – Allgemeine Optionen... – Berechnungen» verändert werden.

4.3 Projektverwaltung

Die Projekt-Gliederung vereinfacht die Verwaltung von geodätischen Berechnungen, mit ihnen verknüpften Dateien sowie ihrer Darstellung. Das Seitenlayout von Daten in der grafischen Darstellung wird zwischen zwei Programmaufrufen im Rahmen des Projektes gespeichert.

Das Projekt erlaubt den direkten Zugang zu den Quelldateien und Resultaten, zu den Protokollen, Logdateien und weiteren verwendeten Basisdaten. Eine Berechnung kann jederzeit geändert/neu gestartet werden. Ein Dateiversionsmanager behält den Überblick und stellt sicher, dass die verschiedenen Schritte konsistent sind und die richtigen Beobachtungen auf den richtigen Koordinaten basieren.

4.4 Batch-Verarbeitung

Die Batch-Verarbeitung ermöglicht es, die gleiche Berechnung für mehrere Dateien gleichzeitig durchzuführen, ohne sie vorher im Editor öffnen zu müssen. Andererseits ermöglicht die Batch-Verarbeitung geodätische Berechnungen für Dateiformate, die nicht in der GeoSuite-Benutzeroberfläche angezeigt werden können (z.B. DXF, Interlis oder Shapefile). Weitere Informationen zu den unterstützten Formaten finden Sie im Kapitel [Editieren oder Darstellen von Daten](#).

5 Bedienung von GeoSuite

5.1 Wahl der Sprache

GeoSuite ist in 4 Sprachen verfügbar:

- Deutsch
- Französisch
- Italienisch
- Englisch

Das Programm startet automatisch in der Sprache des Benutzerprofils. Sofern diese keiner der verfügbaren Sprachen entspricht, wird Englisch eingestellt.

Die Sprache von GeoSuite kann jederzeit über folgendes Menu gewechselt werden:

- «Werkzeuge – Allgemeine Optionen...» – Sprachen» (Deutsch)
- «Outils – Options générales...» – Langues» (Französisch)
- «Strumenti – Opzioni generali...» – Lingue» (Italienisch)
- «Tools – General options...» – Languages» (Englisch)

Der Wechsel erfolgt sofort nach der Einstellung und erfordert keinen Neustart des Programmes.

5.2 Bedienelemente

Die Hauptoberfläche von GeoSuite ist in folgende Elemente (Abbildung 5 - 1) gegliedert:

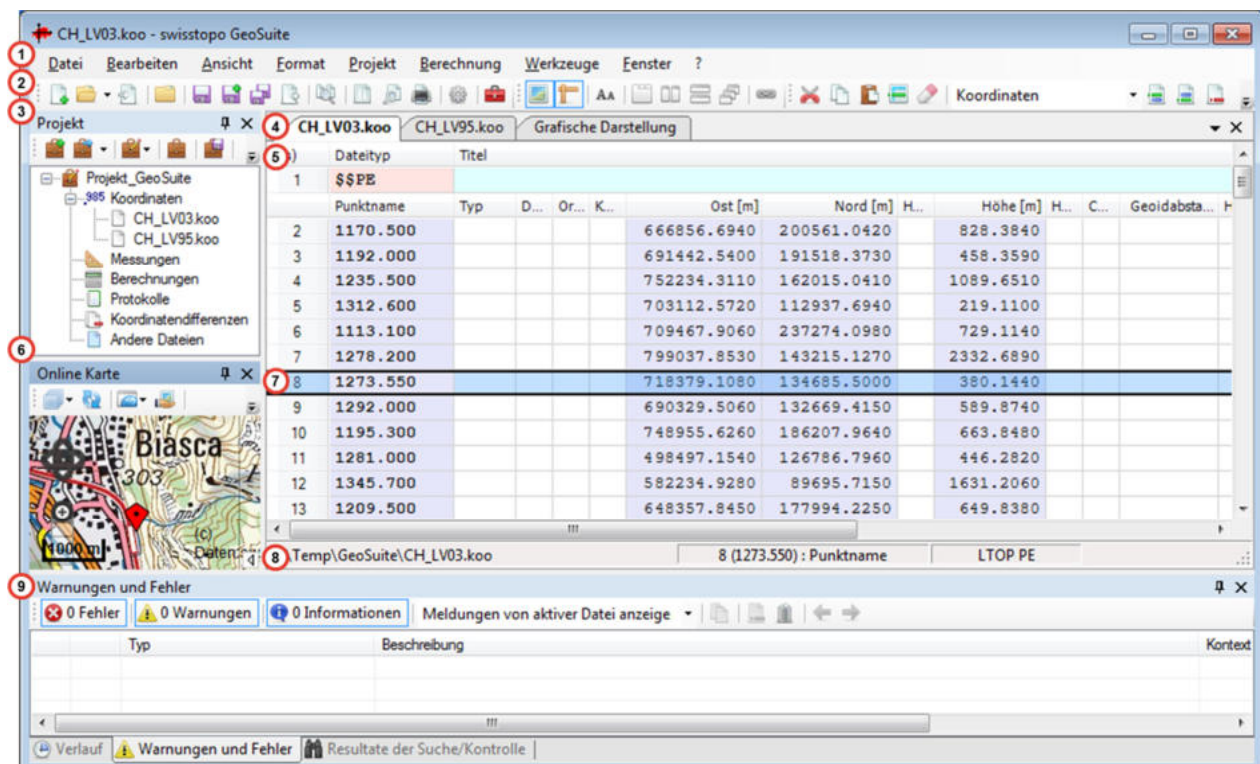


Abbildung 5 - 1: Hauptelemente der Benutzeroberfläche

1 Die Menüleiste ermöglicht Zugang zu den verfügbaren Funktionen in GeoSuite. Diese sind unterteilt in verschiedene Menü-Kategorien (Datei / Bearbeiten / Ansicht / Format / Projekt / Berechnung / Werkzeuge / Fenster / ?). Jedes Menü ist seinerseits in mehrere entsprechende Untermenüs unterteilt.

2 Die Symbolleisten erlauben den Direktzugriff auf gewisse Funktionen mittels Klick auf das entsprechende Symbol, ohne die Menüstruktur aufrufen zu müssen. Je nach aktivem Element sind die Funktionen und ihre Symbole entweder aktiviert oder deaktiviert. Um die Werkzeugleisten ein- oder

auszublenden, auf «Ansicht – Symbolleiste» klicken und die gewünschte Leiste auswählen.

3 Das Projektfenster gruppiert die zum aktuellen Projekt gehörenden Dateien. Die Dateien werden entsprechend ihrer Kategorie in der Baumstruktur automatisch eingeordnet. Die Arbeit mit Projekten vereinfacht die Verwaltung von Berechnungen und erlaubt die gemeinsame Speicherung von Dateien, Berechnungsergebnissen und Visualisierungsparametern.

4 Die Tab-Leiste für Dateien und die graphische Darstellung zeigt die geöffneten Dateien an, wobei die aktive Datei im Vordergrund ist. Um eine Berechnung starten zu können, muss eine entsprechende Datei geöffnet und aktiv sein.

5 Das Anzeigefenster stellt den Hauptteil der Oberfläche dar. In diesem werden Datentabellen, Internetseiten, Vektorelemente (z. B. Punkte, Linien, Verschiebungsvektoren) sowie Rasterdateien (z. B. Hintergrundkarten) angezeigt. Die Daten können hier auf verschiedenen Arten editiert oder visualisiert werden (siehe Kapitel [Editieren von Dateien](#)).

6 Der Kartenausschnitt zeigt die Lage des unter **7** selektierten Punktes auf der Karte des Geoportals des Bundes (www.geo.admin.ch). Das Laden dieses Kartenausschnittes erfordert eine aktive Internetverbindung.

8 Die Statuszeile zeigt Informationen über den Status der aktiven Komponente in Echtzeit an. Für eine Datei mit Daten werden Dateipfad, Informationen über das selektierte Feld sowie Dateityp angezeigt, während für eine grafische Darstellung Informationen betreffend Position des Mauszeigers, Anzahl ausgewählter und angezeigter Objekte eingeblendet werden.

9 Der Meldungsbereich zeigt für den aktiven Tab detaillierte Fehler- und Warnmeldungen bei Berechnungen, den Verlauf der Abarbeitung oder Such- und Kontrollresultate an.

5.3 Anordnung der Fenster

Die Anordnung der verschiedenen Fenster kann dynamisch verändert werden, indem ein Tab weggezogen und verschoben wird (klicken und halten Sie die Lasche des Tabs und bewegen Sie die Maus zur gewünschten Position). Verschiedene Anordnungs-Icons kommen zum Vorschein (siehe Abbildung 5 - 2). Beim Darüberfahren werden die entsprechenden Platzierungszonen durch bläuliche Bereiche angedeutet. Lassen Sie die Maustaste beim gewünschten Icon los. Das Anordnungs-Icon in Form eines Kreuzes erlaubt das Verschieben eines Fensters in einen Unterbereich (rechts, links, oben, unten).

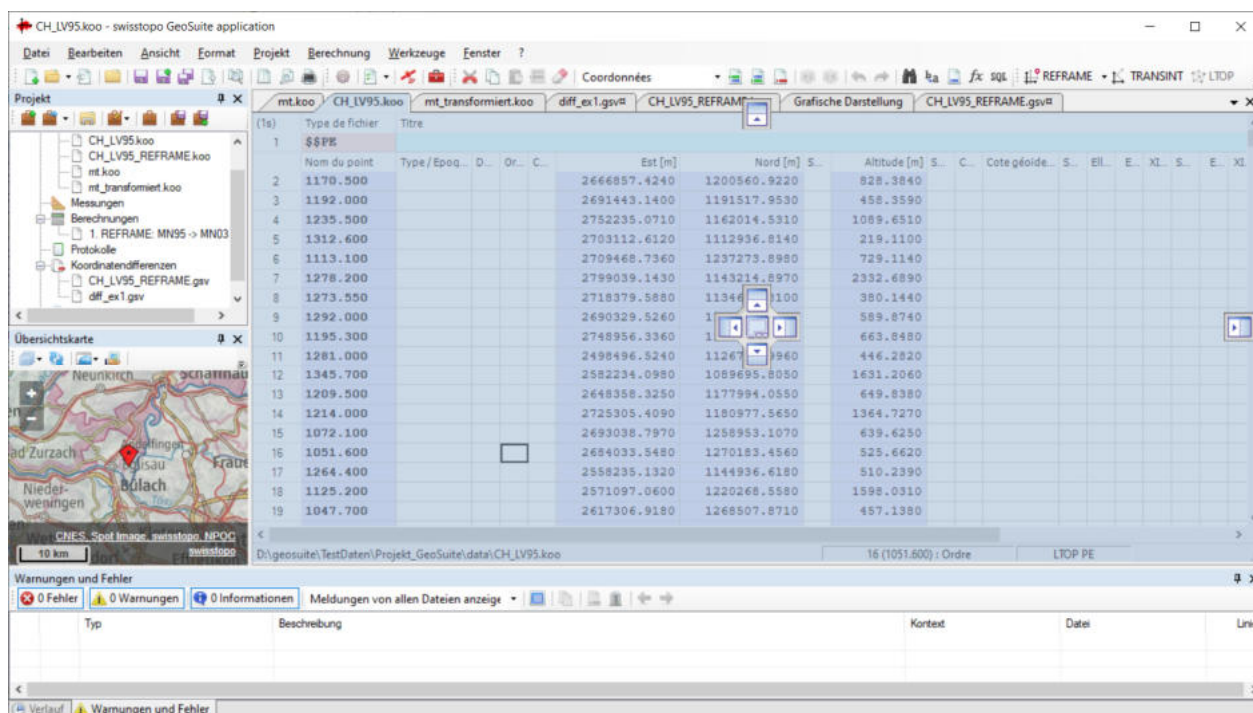


Abbildung 5 - 2: Anordnung der Fenster

Ein Fenster kann auch ausserhalb der Oberfläche von GeoSuite platziert werden. Um dieses wieder zu integrieren, doppelklicken Sie auf die Titelleiste des entsprechenden Fensters.

Die geöffneten Dateien können als Tabs, überlappend, oder vertikal oder horizontal angeordnet werden. Die entsprechenden Icons sind in der folgenden Abbildung 5 - 3 dargestellt:

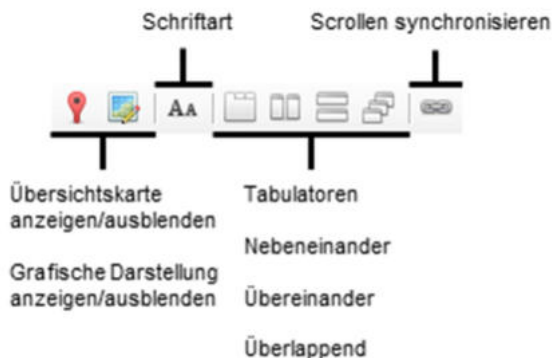


Abbildung 5 - 3: Symbolleiste «Ansicht / Fenster»

Das synchronisierte Scrollen erlaubt das parallele Durchblättern mehrerer Tabs oder Fenster gleichzeitig (siehe Abbildung 5 - 4).

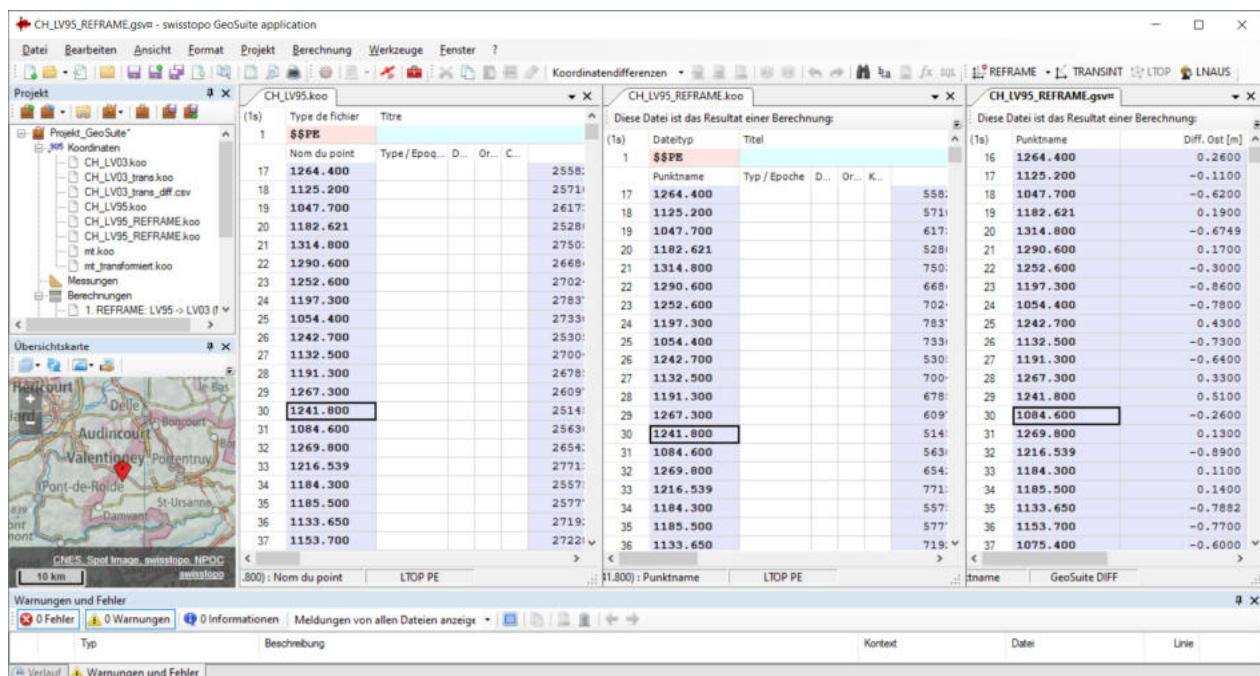


Abbildung 5 - 4: Visueller Vergleich von Dateien durch die Kombination von vertikaler Anordnung und synchronisiertem Scrollen

5.4 Erstellen, Öffnen, Speichern und Schliessen von Dateien

Beim Start von GeoSuite beinhaltet die Benutzeroberfläche vorerst noch kein Projekt und keine Datei, wie die folgende Abbildung 5 - 5 zeigt.

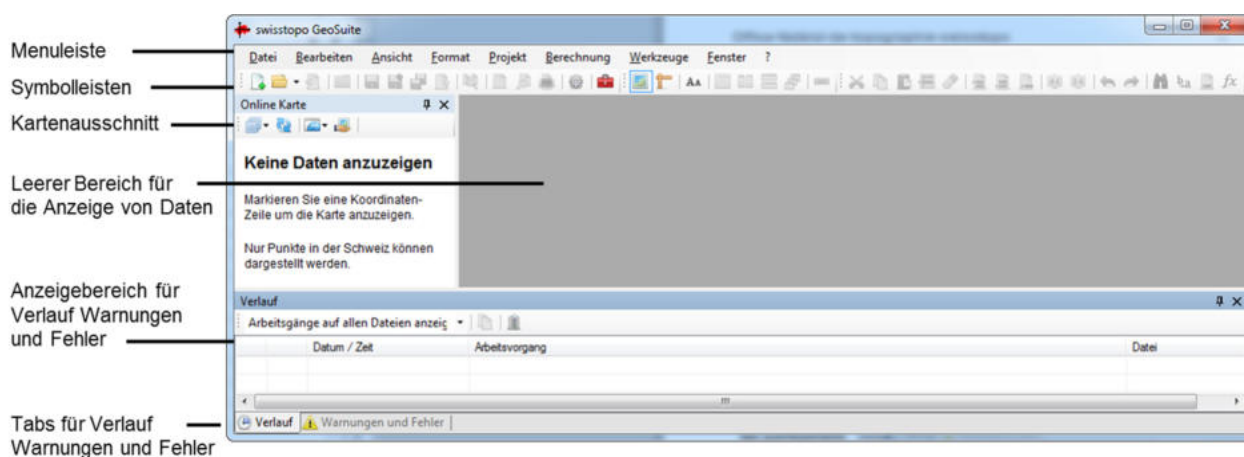


Abbildung 5 - 5: Fenster beim Start von GeoSuite

GeoSuite erlaubt, dass mehrerer Dateien gleichzeitig geöffnet sind, indem diese in Form von Tabs angeordnet werden.

Die Symbolleiste «Standard» (siehe Abbildung 5 - 6) bietet Bearbeitungs-Funktionen und generelle Optionen an.



Abbildung 5 - 6: Symbolleiste Standard

Das darin enthaltene Werkzeug für die Batchtransformation ist ausführlich im Kapitel [Batch-Verarbeitung](#) beschreiben.

Neue Datei erstellen

Um eine neue Datei in einem von GeoSuite unterstützten Format zu erstellen, benutzen Sie das Icon und wählen das gewünschte Format aus der angezeigten Liste (siehe Abbildung 5 - 7).

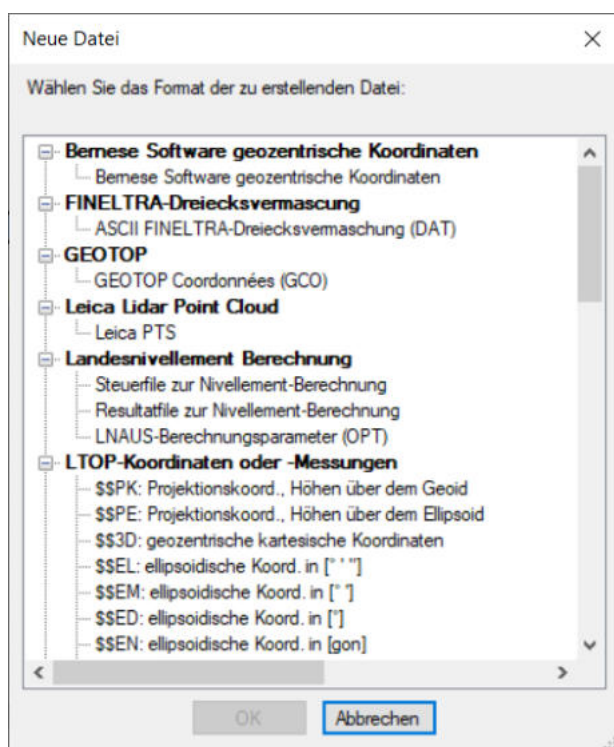


Abbildung 5 - 7: Erstellen einer neuen Datei in einem vordefinierten Format

Datei öffnen

Um eine bestehende Datei eines unterstützten Formates (LTOP, CSV usw.) im Editier-Modus zu öffnen, klicken Sie auf das Symbol . Die Datei wird in GeoSuite geöffnet und dem aktuellen Projekt hinzugefügt. Falls ein Projekt erst im Nachhinein geöffnet/erstellt wird, ist es möglich, diesem eine Datei mittels Rechtsklick auf den Tab und Klick auf den Befehl «Zum Projekt addieren» zuzuordnen.

Unter «Werkzeuge – Optionen... – Dateitypen» können die mit GeoSuite zu verknüpfenden Dateitypen (Endungen) spezifiziert werden. Dateien von entsprechendem Typ werden dann mit einem Doppelklick im Datei-Manager standardmässig direkt in GeoSuite geöffnet.

Datei speichern

Eine aktive Datei kann gespeichert  oder umbenannt  werden. Die Funktion «Alles speichern»  speichert alle geöffneten Dateien sowie das laufende Projekt.

Seite einrichten und Drucken

Vor dem Druck  können die Seiten einer Datei eingerichtet  und visualisiert  werden. Die Optionen für das Seitenlayout umfassen Papierformat, Orientierung, Massstab, Seitenränder, Kopf- und Fusszeilen, Anzahl Seiten pro Blatt, Schrift und Zeilennummerierung.

Einstellungsmöglichkeiten

Die Option  unter «Datei – Schreibgeschützt» unterbindet temporär jegliche Modifikation an der Datei (bis die Datei oder GeoSuite geschlossen wird). Diese Option kann jederzeit durch den gleichen Vorgang deaktiviert werden.

Die Standardverzeichnisse für das Öffnen/Speichern, die Projekte, die Berechnungsparameter, Formatvorlagen und temporäre Dateien sind unter «Werkzeuge – Allgemeine Optionen» definiert und können dort verändert werden.

5.5 Editieren von Dateien

GeoSuite bietet alle wichtigen Grundfunktionen eines Dateieditors. Diese sind sowohl in der Symbolleiste «Bearbeiten» zusammengefasst (siehe Abbildung 5 - 8), als auch über einen Rechtsklick auf die Datenfelder zugänglich.

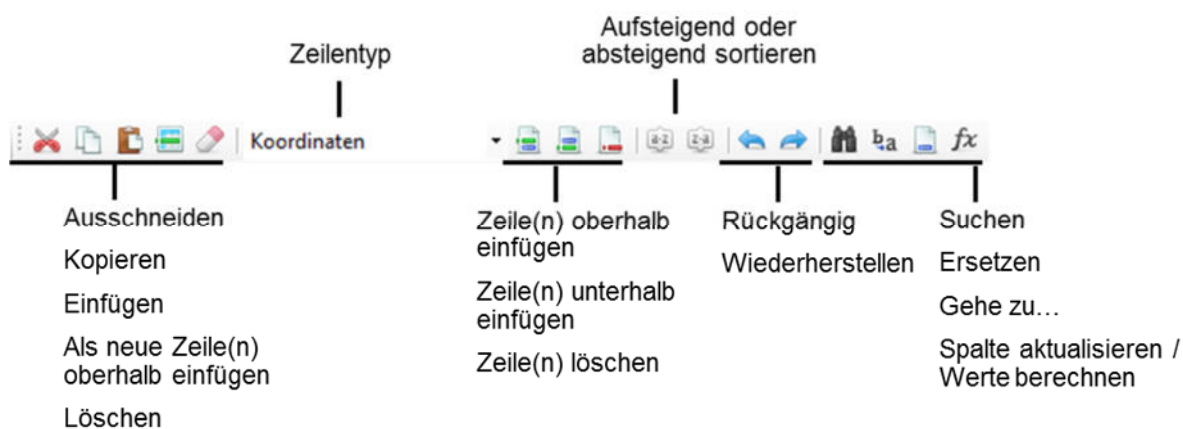


Abbildung 5 - 8: Symbolleiste «Bearbeiten»

Die Tastaturkürzel der verfügbaren Editier-Funktionen sind in der untenstehenden Tabelle 5 - 2 aufgelistet.

Tabelle 5 - 2: Tastaturkürzel für Editier-Funktionen

Tastenkombination	Funktion
Ctrl+Z	Rückgängig
Ctrl+Y	Wiederherstellen
Ctrl+X	Ausschneiden von Zellen
Ctrl+C	Kopieren von Zellen
Ctrl+V	Einfügen von Zellen (Zielbereich wird automatisch angepasst)
Ctrl+Shift+V oder Ctrl+CapsLock+V	Einfügen als neue Zeile(n) oberhalb der Auswahl
Delete oder Backspace	Löscht den Inhalt von einer oder mehreren Zellen
Ctrl+Insert	Einfügen der Zeile(n) oberhalb der Auswahl
Ctrl+Down	Einfügen der Zeile(n) unterhalb der Auswahl
Ctrl+Backspace oder Ctrl+Delete	Löschen der ausgewählten Zeile(n)
Doppelklick oder ENTER	Zelle editieren
Pfeile « ← » oder « → »	Cursor um eine Zelle nach links oder rechts verschieben
Pfeile « ↑ » oder « ↓ »	Cursor um eine Zelle nach oben oder unten verschieben
« Home » oder « End »	Verschiebt den Cursor in die erste oder letzte Zelle der Datei
« Page Up » oder « Page down »	Verschiebt den Cursor in die erste oder letzte Zelle des Fensters
Ctrl+G	Zu einer Zelle springen
Ctrl+U	Update einer Spalte oder Werte berechnen
Ctrl+Q	Abfrage oder bedingtes Update ausführen
Ctrl+F	Suchen eines Wertes
F3	Nächsten Wert suchen

Ctrl+F3	Vorherigen Wert suchen
Ctrl+H	Wert ersetzen

Kopieren & Einfügen

Bei einem Kopieren-Einfügen-Vorgang  wird die Zielselektion, falls der Platz ausreicht, automatisch angepasst (wenn beispielsweise 4 Zellen kopiert werden und vor dem Einfügen nur 3 Zellen selektiert sind, dann wird diese Selektion gelöscht und 4 Zellen werden eingefügt). Ausserdem wird beim Kopieren einer einzelnen Zelle, falls vor dem Einfügen mehrere Zellen markiert sind, der kopierte Wert in jede selektierte Zelle eingefügt.

Um neue Daten einzufügen (z. B. aus einer MS Excel-Datei), ist es möglich die Funktion «als neue Zeile(n) oberhalb einfügen» zu benutzen. Dies erlaubt das automatische Hinzufügen von exakt der benötigten Anzahl Zeilen, ohne irgendwelche bestehenden Daten zu überschreiben.

Zeilen können hinzugefügt werden, indem zuerst der Linientyp (Koordinaten, Station, terrestrische Beobachtung, GNSS-Beobachtung, Kommentar usw., abhängig von der Art der aktiven Datei) gewählt wird (siehe folgende Abbildung 5 - 9) und im Anschluss mit dem entsprechenden Symbol rechts davon die Zeile oberhalb oder unterhalb der aktuellen Position eingeschoben wird.

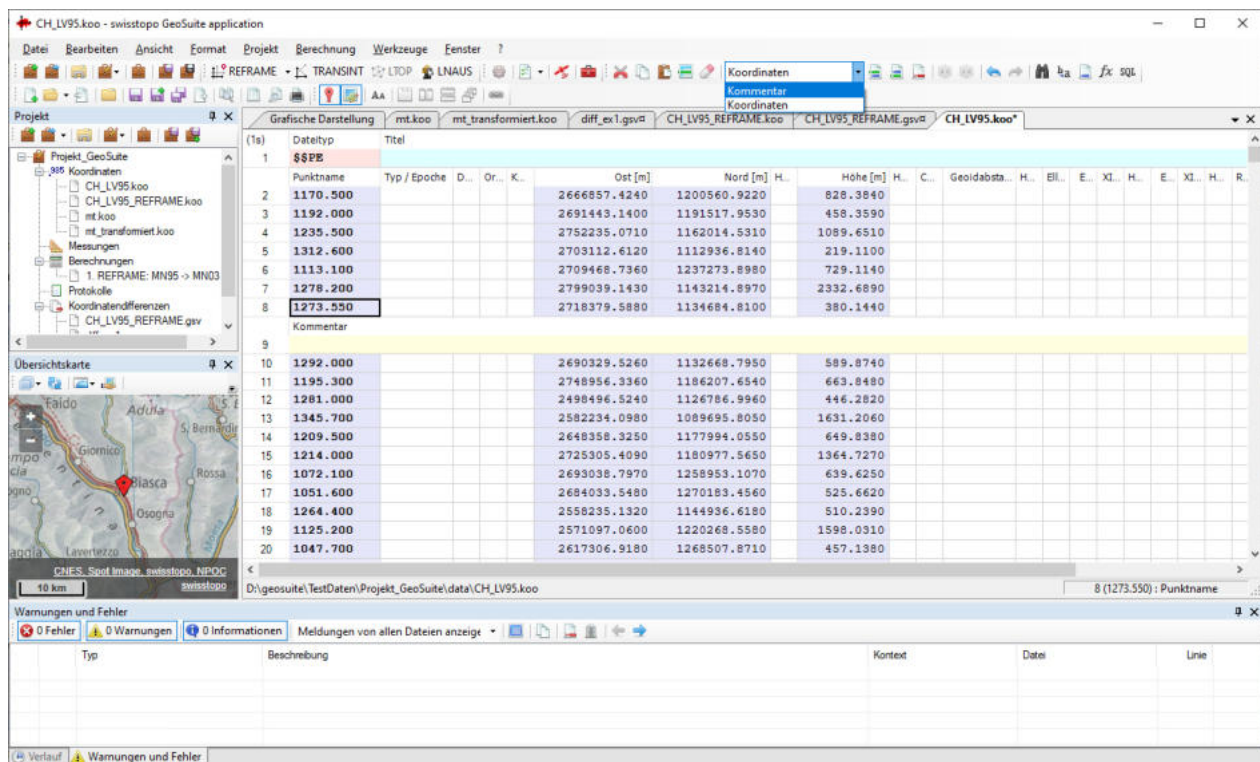


Abbildung 5 - 9: Hinzufügen einer Kommentar-Zeile

Dateneingabe in Zellen

Bei einer manuellen Erfassung, bedeutet die Benutzung des Abwärts-Pfeiles den Abschluss der Bearbeitung einer Zelle und den Sprung in die nächste Zeile.

Beim Anwählen einer Zelle durch einfaches Anklicken und anschliessender Datenerfassung, wird der Inhalt durch die Eingabe ersetzt. Um einen Zellinhalt zu modifizieren, muss man zunächst Doppelklicken oder die Enter-Taste drücken. Mit der «Esc» -Taste kann zum letzten gültigen Wert zurückgekehrt werden.

Eine Dateneingabe, welche mit einem Gleichheitszeichen « = » beginnt, und danach eine Formel enthält wird sofort analysiert und das Resultat wird angezeigt. Die Formel selber ist danach aber nicht mehr zugänglich.

Verifizierung der Dateneingabe

Jedes Feld einer mit Spalten organisierten Datei in einem vordefinierten anerkannten Format (z. B. LTOP) entspricht einem Typ (z. B. Zahl, Schriftzeichen, gemischt). GeoSuite unterbindet fehlerhafte Eingaben in ein Feld, indem die Eingabe nicht abgespeichert und der Cursor auf der betroffenen Zelle bleibt. Diese Verifizierung wird auch beim Editieren einer Auswahl von Feldern oder einer Tabellenspalte über die

Werkzeuge «Ersetzen» oder «Spalte aktualisieren/Werte berechnen...» durchgeführt (es ist beispielsweise nicht möglich, in einer Koordinatenspalte Buchstaben einzufügen).

Rückgängig & Wiederherstellen

Für die Funktionen Rückgängig/Wiederherstellen  gibt es beim Editieren von Dateien keine Begrenzung an Schritten (auch gehen sie nach dem Speichern der Datei nicht verloren). Hingegen werden die einzelnen Änderungsschritte beim Verlassen von GeoSuite nicht gespeichert. Das heisst, die Rückgängig/Wiederherstellen-Symbole erscheinen nach dem Neustart grau.

Suchen & Ersetzen

Die Funktionen «Suchen»  und «Ersetzen»  können auf die aktive Spalte beschränkt oder auf alle in GeoSuite geöffneten Dateien angewandt werden. Dabei können die Gross-/Kleinschreibung, die Suche von ausschliesslich ganzen Wörtern oder regulären Ausdrücken sowie die Suchrichtung (standardmässig nach unten, Umkehr durch Aktivieren des Feldes «nach oben») berücksichtigt werden (siehe auch Abbildung 5 - 10). Die Liste der Resultate einer Suche, welche man durch Klicken auf den Knopf «Alle auflisten» erhält, kann im unteren Bereich von GeoSuite durch Aktivierung des Tabs «Resultate der Suche/Kontrolle» angezeigt werden.

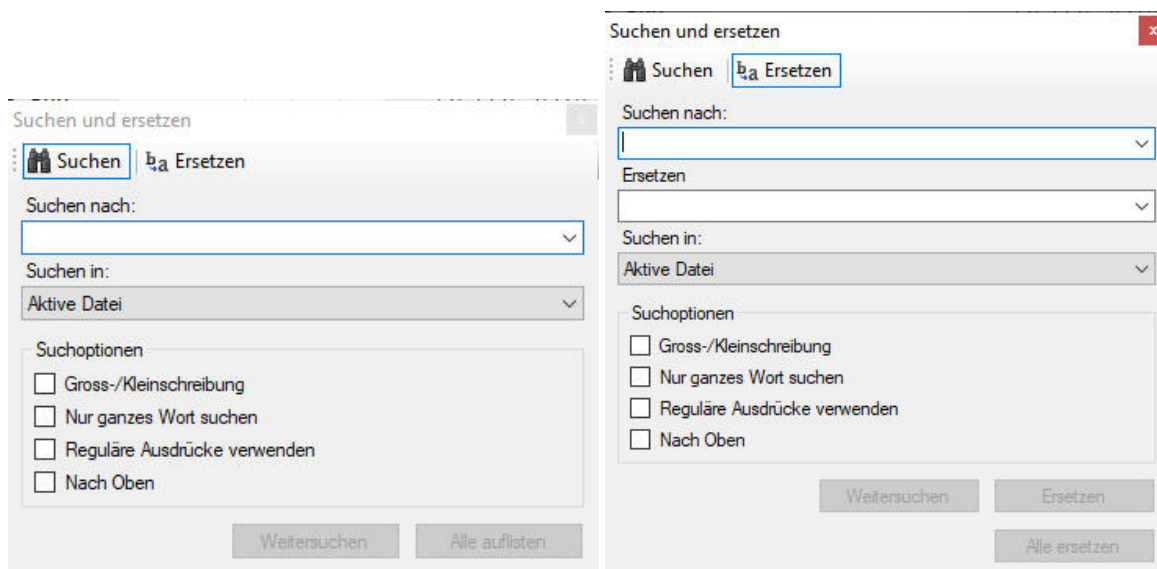


Abbildung 5 - 10: Fenster des Werkzeugs "Suchen und ersetzen"

Spalte aktualisieren und Werte berechnen

Die Funktion  erlaubt, einfach und rasch Werte einer Spalte zu aktualisieren/berechnen (z. B. Ausführung einer identischen Berechnung für alle Zellen einer Spalte, siehe Abbildung 5 - 11).

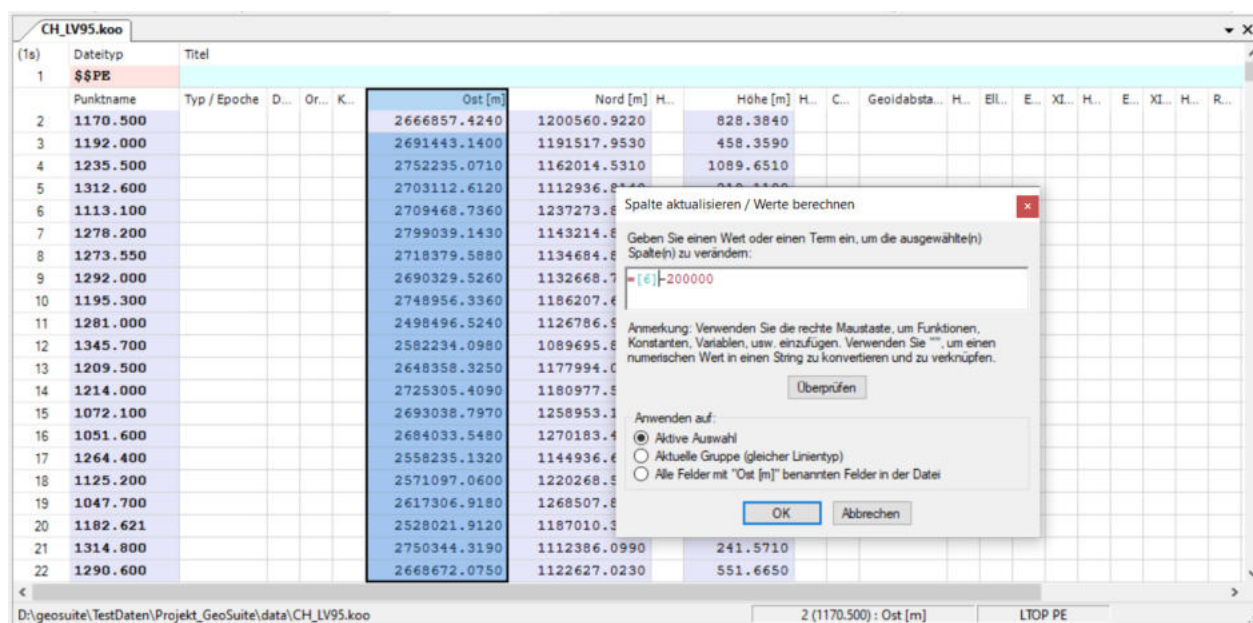


Abbildung 5 - 11: Beispiel einer Translation der Ost-Koordinate

Der Knopf «Überprüfen» erlaubt es, die Syntax zu validieren und gibt eine Resultatvorschau der Berechnung.

Die Gesamtheit aller Funktionalitäten von  (Konstanten, Variablen¹), Funktionen und Operatoren²) ist in der Abbildung 5 - 12 aufgelistet und kann mit Rechtsklick auf das Eingabefeld aufgerufen werden.

Kurzerklärung

1) Variablen: 'Line' für die Liniennummer, 'Filename' für den Dateinamen, 'Username' für den Benutzernamen

2) Operatoren: ^ für Exponenten, % für die Modulo-Funktion, == für die Gleichheit oder auch != für die Ungleichheit

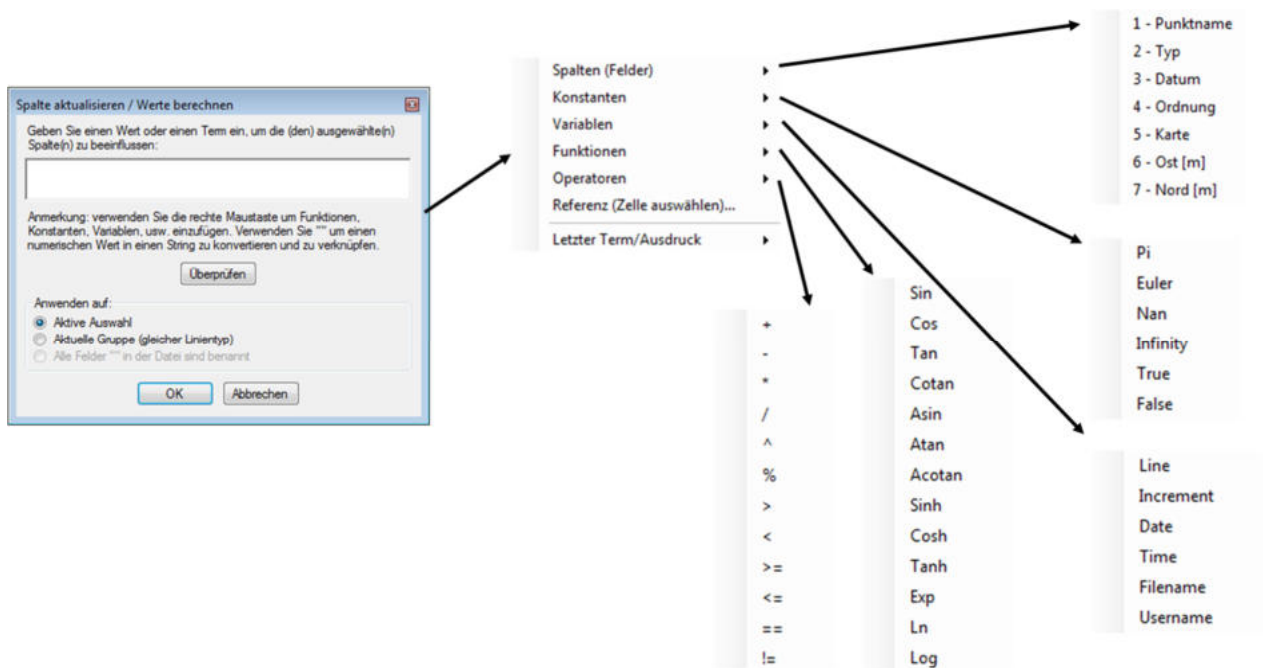


Abbildung 5 - 12: Funktionen für die Anpassung von Spalten oder die Berechnung von Werten

Abfrage oder bedingtes Update ausführen

Die Funktion  ermöglicht es, komplexe systematische Änderungen wie bei einer bedingten SQL-Abfrage durchzuführen. Sie ist besonders nützlich bei grossen Dateien mit verschiedenen Datentypen, bei denen die Verwendung der Funktion «Suchen - Ersetzen» zu mühsam ist und die oben beschriebene Spaltenaktualisierungsfunktion nicht ausreicht.

So ist es z.B. möglich, einen Punktnamen, eine Epochenummer, einen Geräte- oder Reflektorhöhenfehler, eine Beobachtungsgruppennummer oder einen mittleren Fehler einer bestimmten Messtyp, einer Station oder eines Punktes einfach zu korrigieren.

Für eine bedingte Aktualisierung sind drei Angaben erforderlich (siehe Abbildung 5 - 13):

- Das Typ der betreffenden Zeile (abhängig vom Format der Quelldatei), z.B. «GNSS-Sessionsdefinition» oder «Terrestrische Beobachtung».
- Die zu treffende Auswahl (wie die «SELECT.... WHERE...» Klausel einer SQL-Abfrage): Hier müssen Sie die Spalten der betreffenden Datei sowie die zu suchenden Werte oder die zu prüfenden Bedingungen definieren.

Es stehen Konstanten (wahr «TRUE», falsch «FALSE» und leer/null «NULL»), Vergleichsoperatoren (+, -, *, /, usw.) und logische Operatoren (und «AND», oder «OR» und nicht «NOT», Konvertierung/Verkettung «" ») zur Verfügung. Diese Elemente werden durch Klicken mit der linken Maustaste im Eingabefeld aufgelistet.

Je nach Typ der Daten in der betreffenden Spalte sollten «" » verwendet werden, um alphanumerische Werte zu überprüfen oder zu vergleichen oder um Verkettungen durchzuführen.

- Das durchzuführende Update (wie die «UPDATE.... VALUES...» Klausel einer SQL-Abfrage): Hier müssen Sie die Spalten der betreffenden Datei sowie die zu setzenden Werte definieren (ersetzen).

Wie bei der Auswahl können Konstanten, Vergleichsoperatoren und logische Operatoren verwendet werden. Die Auswahlmöglichkeiten werden durch Klicken mit der rechten Maustaste im Eingabefeld angezeigt.

Die verschiedenen zu setzenden Werte müssen durch Kommas « , » getrennt werden.

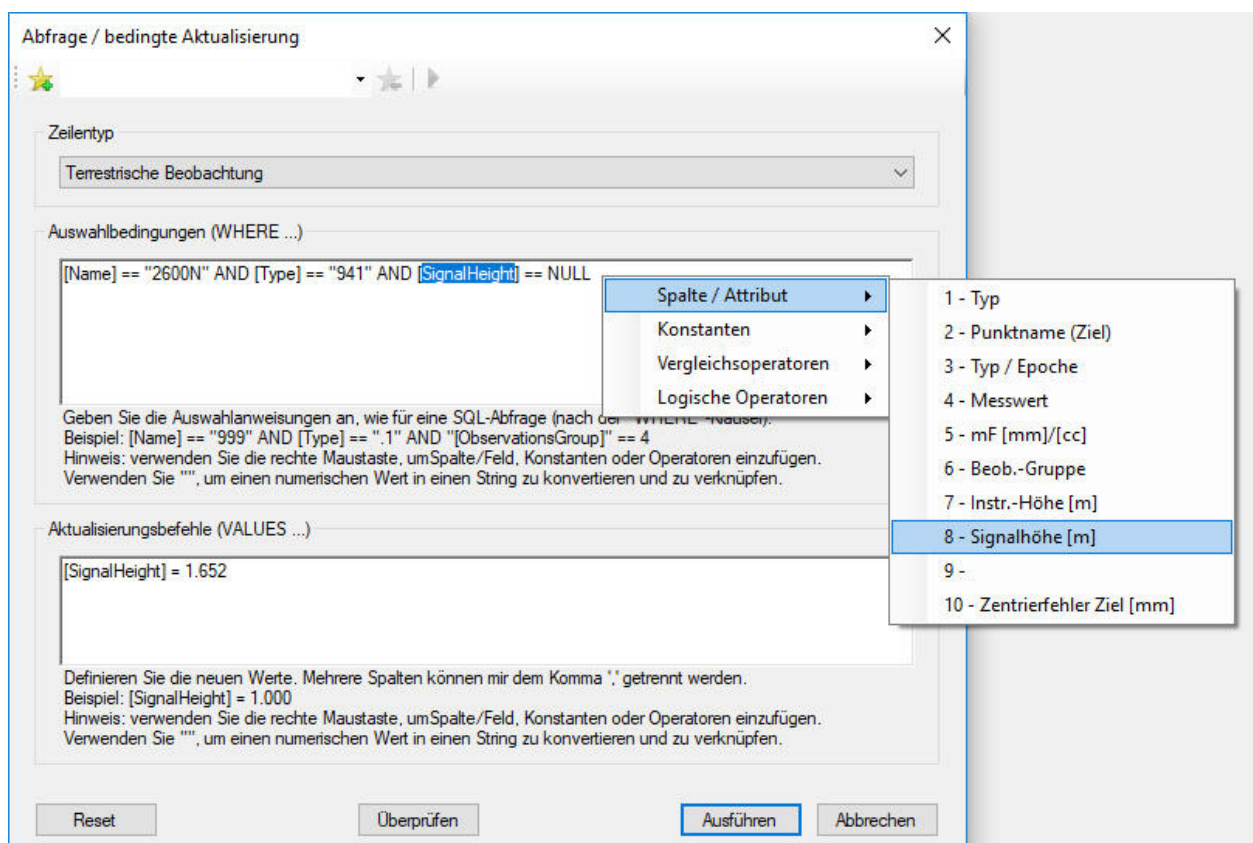


Abbildung 5 - 13: Funktion für die Abfrage und die bedingte Aktualisierung von Werten/Felder

Wenn die zu erstellende Anfrage vorbereitet wurde, kann deren Gültigkeit mit dem Knopf «Prüfen» überprüft werden. Im Falle eines Fehlers beschreibt eine Meldung das Problem. Bei Erfolg werden die betroffenen Zeilen in der Datei und die zu ändernden Attribute angezeigt (folgende Abbildung 5 - 14).

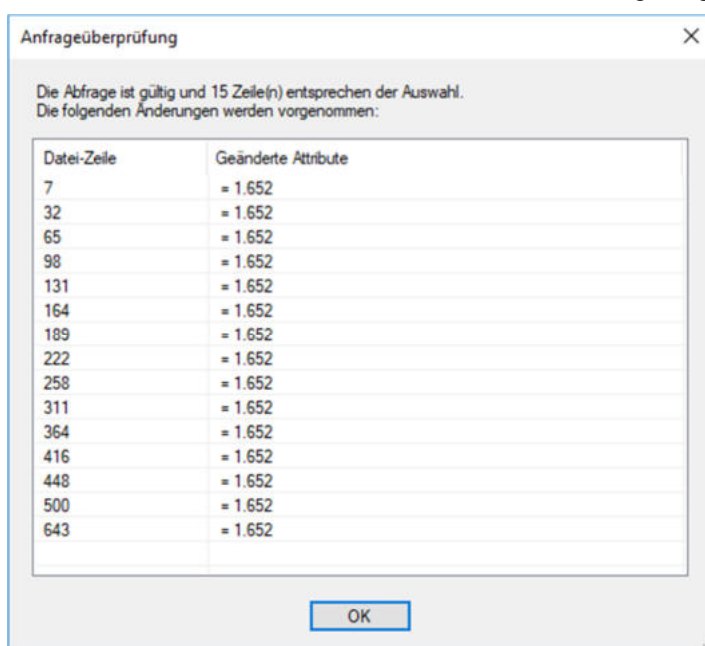


Abbildung 5 - 14: Überprüfen der Funktion und Vorschau auf Änderungen

Klicken Sie auf «Ausführen», um die Abfrage zu validieren und die Änderungen vorzunehmen.

Die Einstellungen bleiben erhalten und werden beim nächsten Mal standardmässig angeboten. Es ist auch

möglich, einen Favoriten (Symbolleiste oben im Dialog) zu erstellen oder abzurufen, um eine Abfrage später schnell und einfach wiederzuverwenden.

Editier- und Dateiverarbeitungsoptionen

Die Editier- und Dateiverarbeitungsoptionen finden sich unter «Werkzeuge – Allgemeine Optionen – Editor / Dateiverarbeitung». Sie erlauben unter anderem, nur unterstützte Dateiformate zu öffnen, externe Dateiänderungen festzustellen, eine Session für den nächsten Start zu merken, Drag and Drop zu aktivieren oder die DOS/UNIX/MAC-Formate zu handhaben. Optional kann auch die Erstellung von Backup-Dateien aktiviert werden.

5.6 Import

Für folgende Dateiformate ist in GeoSuite ein Importwerkzeug verfügbar:

- [Microsoft Excel](#) (Versionen ab 2000)
- [Leica GSI](#) (Koordinaten und Messungen)

Der Import geschieht jeweils in zwei Schritten:

1. Erstellung einer neuen Datei mit dem gewünschten Format
2. Import der eigentlichen Daten

Um eine neue Datei mit einem vordefinierten Format zu erzeugen, muss man das Icon  anwählen und danach das Format aus den aufgelisteten Feldern auswählen (siehe Kapitel [Erstellen, Öffnen, Speichern und Schliessen von Dateien](#)).

5.6.1 Microsoft Excel Dateien

Damit der Import aus Excel-Daten funktioniert, muss Microsoft Excel ebenfalls auf dem Rechner installiert sein.

Um Daten aus der Excel-Datei zu importieren, muss das vorher definierte Format aktiv sein. Danach klickt man auf das Icon . In der anschliessenden Maske wird die gewünschte Datei ausgewählt (ggf. Dateityp anpassen) um anschliessend zu einem Importfenster ähnlich demjenigen in der Abbildung 5 - 15 zu gelangen.

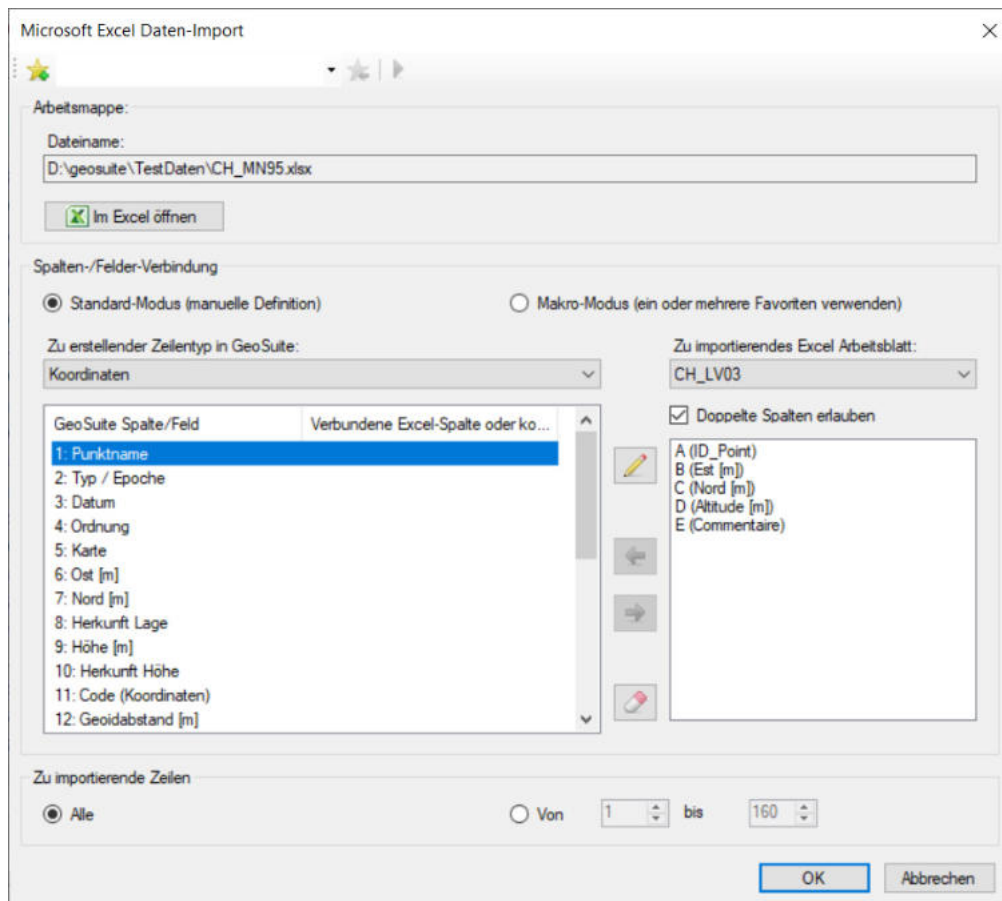


Abbildung 5 - 15: Importfenster für Daten aus Microsoft Excel

Die Kolonnen, welche den GeoSuite-Feldern entsprechen, sind abhängig vom Dateityp der erzeugten Datei der vordefinierten Formate und vom Typ der zu erzeugenden GeoSuite-Linie. Das ganze Importfenster besteht jedoch aus folgenden Teilen:

- Definition, Benutzung oder Löschen von Favoriten (diese Option ist nötig für den Makro-Modus)
- Beschreibung der Excel-Mappe (mit dem Link auf die Datei und der Möglichkeit diese in Excel zu öffnen)
- Definition der Bezüge zwischen den Kolonnen der GeoSuite-Datei und den Feldern der Excel-Datei
- Definition der zu importierenden Linien (z. B.: Falls die Mappe einen Kopfzeile enthält, muss der Import mit der zweiten Zeile beginnen)

Der Teil «Spalten-/Felder-Verbindung» erlaubt eine Verbindung herzustellen zwischen den Kolonnen der vordefinierten Formatdatei (linke Liste) und den Kolonnen eines Excel-Blattes (rechte Liste). Um eine solche Verbindung herzustellen, müssen mit je einem Linksklick die beiden zu verbindenden Felder ausgewählt und danach mit  verbunden werden oder man zieht das Feld aus der Excel-Liste auf das entsprechende Feld der GeoSuite-Liste. Danach erscheint der Titel der Excel-Kolonne neben dem GeoSuite-Feld (siehe folgende Abbildung 5 - 16).

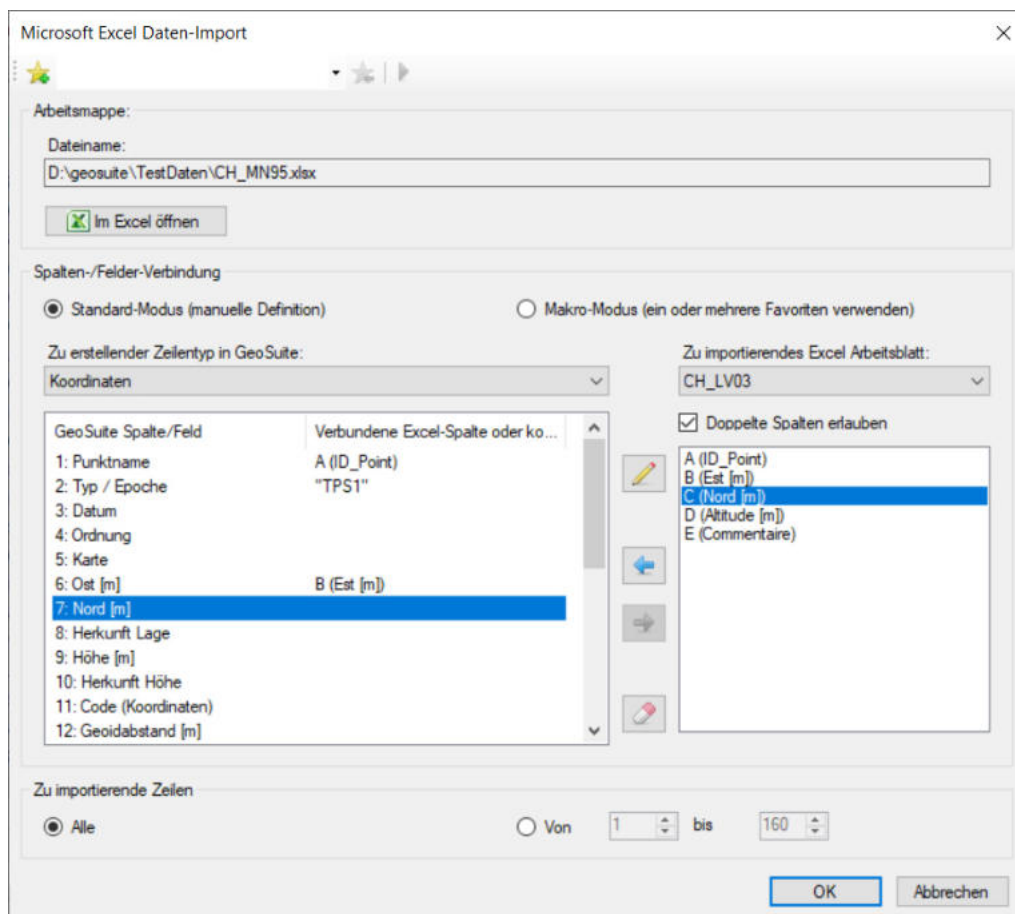


Abbildung 5 - 16: Beispiel einer Verbindung der zu importierenden Daten

Der Pfeil  erlaubt das Löschen einer einzigen definierten Verbindung, während der Radiergummi  alle bereits definierten Verbindungen löscht. Das Icon  erlaubt das manuelle Einführen einer Konstanten oder eines Textes in eine Kolonne.

Der Bereich unterhalb des Importfensters erlaubt die Definition des zu importierenden Zeilenbereichs (alle Zeilen oder einen Teilbereich).

Durch Klicken auf «OK» werden die Verbindungen hergestellt und die Daten aus Excel in die vordefinierte GeoSuite-Datei importiert.

Der Makro-Modus ist nützlich, um komplex strukturierte Daten zu importieren (z. B. für eine LTOP MES Datei: eine gleiche Gruppe von Zeilen in Excel muss bei mehreren Linientypen in GeoSuite importiert werden).

5.6.2 Leica GSI Dateien

Um Daten aus einer Leica GSI-Datei zu importieren muss das vorher definierte Format aktiv sein. Danach klickt man auf das Icon  und in der anschliessenden Maske wird die gewünschte Datei ausgewählt (ggf. Dateityp anpassen).

Werden GSI-Koordinaten in ein Koordinatenformat importiert (z. B. LTOP \$\$PK), wird mit der folgenden Meldung abgefragt, ob jeweils die Ziel- oder Stationskoordinaten importiert werden sollen:

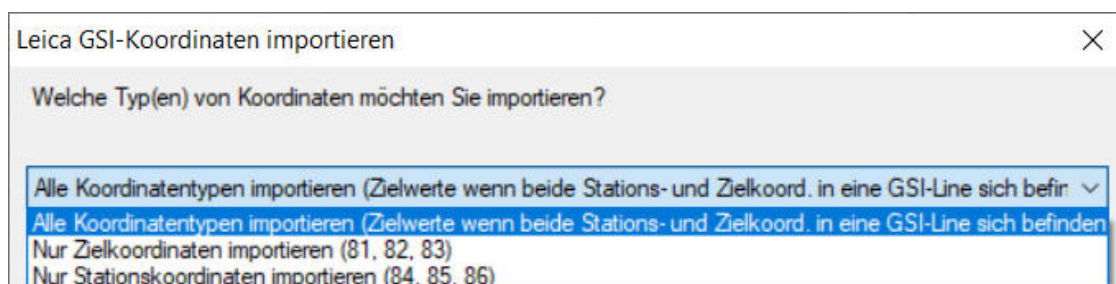


Abbildung 5 - 17: Abfrage, welche Koordinaten importiert werden sollen

Werden GSI-Koordinaten in ein Messdatenformat importiert (z. B. LTOP \$\$ME), wird mit der folgenden Meldung abgefragt, wie die Daten importiert werden sollen.

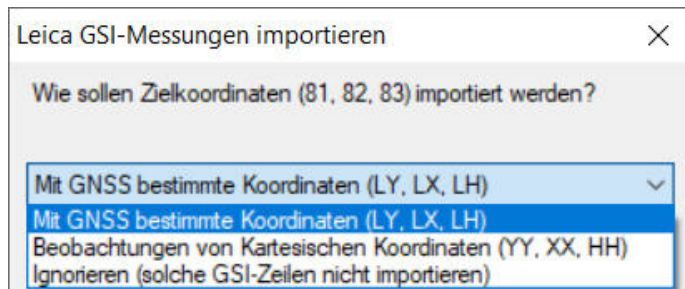


Abbildung 5 - 18: Abfrage, wie die Koordinaten importiert werden sollen

Mögliche Ursachen für Probleme beim Import sind die folgenden:

- Die zu importierenden Daten liegen nicht im geforderten Bezugsrahmen oder nicht in der verlangten Form vor. Dies ist bspw. dann der Fall, wenn versucht wird, Projektionskoordinaten in ein Dateiformat zu importieren, welches ellipsoidische Koordinaten verlangt.
- In der zu importierenden Datei liegt ein Syntax-Fehler vor (Zeichen verschoben oder unzulässige Zeichen vorhanden).
- Es wird versucht eine Datei zu importieren, deren Format nicht unterstützt wird.

5.7 Konvertierung

Das Tool «Konvertieren»  im Menü «Datei» bietet verschiedene kontextabhängige Funktionen (entsprechend dem Typ der aktiven Datei). Mit «Konvertieren» wird das Format und der Typ der Ausgangsdatei beibehalten aber die interne Struktur (z. B. Linux nach Windows), die Darstellung oder die Einheiten der Werte (z. B. LTOP ED nach EL) verändert.

Folgende Konversionen sind möglich:

- DOS/Windows ↔ UNIX/Linux ↔ Mac: Änderung der internen Darstellung der Zeilenumbrüche, gültig für ASCII-Dateien
- LTOP ED ↔ EM ↔ EL ↔ EN: Änderung der Einheiten von Dateien mit geografischen Koordinaten im LTOP-Format (Grad Dezimal, Grad und Minuten, Grad, Minuten und Sekunden oder Gon)

5.8 Sortieren von LTOP-Messdateien

Je nach Quelle der Daten kann es sein, dass in LTOP-Messdateien die Beobachtungen in der Reihenfolge der effektiven Messungen abgelegt sind (vgl. Abbildung 5 - 19, linke Seite). Für die weitere Bearbeitung ist je nach Vorgehen ein Sortierung nach Station und Beobachtungstyp geeigneter (z. B. für Definition von Beobachtungsgruppen in LTOP). Die Funktion «Messungen nach Typ und Station gruppieren (terrestrische Beobachtungen)»  im Menü «Bearbeiten» ermöglicht eine entsprechende Umsortierung (vgl. Abbildung 5 - 19, rechte Seite), wobei immer eine Kopie der Datei erstellt wird. Die Originaldatei bleibt bestehen.

Station Name	Typ	Wetter	Gen. mf RL.	Dist.	Instr.-Höhe	Feldbuch	Beob./Datum	Zentrierf.
ST 1	1		0.0		0.2361	TDA5005	via	22...
PK 4	4		0.00000		0.2361			
HW 4	4		11.94852		0.2361	0.2200		
DS 4	4		94.78520		0.2361	0.3100		
RI 8	8		24.92170		0.2361	0.2200		
HW 8	8		4.82332		0.2361	0.2200		
DS 8	8		141.63150		0.2361	0.3100		
RI 3	3		35.45088		0.2361	0.2200		
HW 3	3		-1.31016		0.2361	0.2200		
DS 3	3		141.56630		0.2361	0.3100		
RI 5	5		45.63984		0.2361	0.2200		
HW 5	5		-25.60571		0.2361	0.2200		
DS 5	5		108.93660		0.2361	0.3100		
ST 2	2		0.0		0.2361	TDA5005	via	25...
PK 1	1		0.00000		0.2361			
HW 1	1		21.87281		0.2361	0.2200		
DS 1	1		92.65490		0.2361	0.3100		
RI 6	6		66.41327		0.2361	0.2200		
HW 6	6		-12.68699		0.2361	0.2200		
DS 6	6		57.72360		0.2361	0.3100		
RI 4	4		67.48915		0.2361	0.2200		
HW 4	4		29.91566		0.2361	0.2200		
DS 4	4		108.93660		0.2361	0.3100		
RI 5	5		107.82020		0.2361	0.2200		
HW 5	5		-17.77571		0.2361	0.2200		
DS 5	5		41.34170		0.2361	0.3100		
RI 8	8		118.63063		0.2361	0.2200		

Abbildung 5 - 19: links: Originaldatei / rechts: neue Sortierung

5.9 Export

Das Tool «Exportieren»  im Menü «Datei» bietet kontextabhängige Funktionen (entsprechend dem Typ der aktiven Datei). Die Funktion «Exportieren» ermöglicht, Daten aus der aktiven Arbeitsdatei in eine neue Datei in einem anderen Format zu extrahieren.

Folgende Exporte sind möglich:

- LTOP KOO (ebene Koordinaten-Datei PK oder PE) nach LTOP MES (Mess-Datei): Umwandlung einer Koordinaten-Datei in GNSS-Beobachtungen
- LTOP MES nach LTOP KOO (PK oder PE): Umwandlung von GNSS-Beobachtungen in eine Koordinaten-Datei
- LTOP 3D nach Bernese Software: Umwandlung einer Datei mit geozentrischen Koordinaten im Format LTOP nach geozentrischen Koordinaten im Format Bernese GPS Software
- Bernese Software nach LTOP 3D: Umwandlung einer Datei mit geozentrischen Koordinaten im Format Bernese GPS Software nach geozentrischen Koordinaten im Format LTOP
- Text-/CSV-Koordinaten nach LTOP KOO (PK oder PE): Umwandlung einer Koordinaten-Datei im Text-Format (mit Trennzeichen, wie z.B. CSV) nach Koordinaten im Format LTOP
- PCTRI nach LTOP MES: Umwandlung einer tacheometrischen PCTRI-Messdatei in eine LTOP Messsequenz (MES)
- PCNIV2 nach LNAUS: Umwandlung einer Nivellement Mess-Datei PCNIV2 in eine Eingangsdatei für LNAUS vom Typ IMP (= PCNIV1 DAT)
- Koordinaten (in beliebigem Format) oder Koordinaten-Differenzen (GeoSuite «DIFF») nach KML: Export von Koordinaten oder Koordinatendifferenzen als Punkte oder Linien in eine KML-Datei. Alle Felder (Attribute) der Ausgangsdatei sind in der Objektbeschreibung aufgelistet. Die Resultat-Datei kann beispielsweise in GeoSuite, auf dem Nationalen Geodatenportal, in der Swiss Map oder auch in Google Maps oder Earth visualisiert werden. Weiter ist es möglich, die Objekte anzuklicken und damit die Koordinaten und andere Attribute abzufragen
- Beliebiges Format nach HTML: Export von Feldern der aktiven Datei in ein HTML-Dokument in Tabellenform, wobei die Darstellung gleich wie im GeoSuite-Editor ist
- Beliebiges Format nach CSV: Export von Feldern der aktiven Datei in eine mit Excel kompatible Textdatei CSV (Trennzeichen « ; »)
- Grafische Darstellung nach JPEG oder PNG: Speicherung der aktuellen Ansicht im Bildformat JPEG oder PNG.

- Grafische Darstellung nach PDF: Speicherung der aktuellen Ansicht in eine PDF-Datei.
- Grafische Darstellung nach DXF: Export der sichtbaren Daten in eine DXF-Datei. Die Struktur der Ebenen, die Farben sowie der aktuelle Massstab bleiben dabei erhalten. Ebenen vom Typ Raster «swisstopo Online Basisdaten» können nicht als DXF exportiert werden.

5.10 Vergleichen von Dateien

Das Werkzeug für den Dateivergleich  erlaubt das Vergleichen mehrerer Koordinatendateien (*.koo) oder Differenzdateien (*.gsv) durch Vergleich jeder einzelnen Datei mit der ersten, (z. B. für aufeinanderfolgende Zustände) oder mit der jeweilig vorangehenden, indem für jede Datei ein neuer Reiter erzeugt wird, welcher die Differenzen enthält. Dieses Werkzeug enthält die wichtigsten Funktionalitäten des alten Programm KOORDIFF.

Das Vergleichsfenster enthält die Parameter (die Reihenfolge und Art des Vergleichs und die Option, eine Translation (Standard ist 2'000'000 Ost/1'000'000 Nord) auf die erste Datei anzuwenden) sowie die Liste der in GeoSuite geöffneten Dateien (siehe Abbildung 5 - 20). Das Resultat des Vergleichs hängt von der Reihenfolge der Dateien ab. Die Knöpfe «nach oben» oder «nach unten» erlauben, diese Reihenfolge zu ändern.

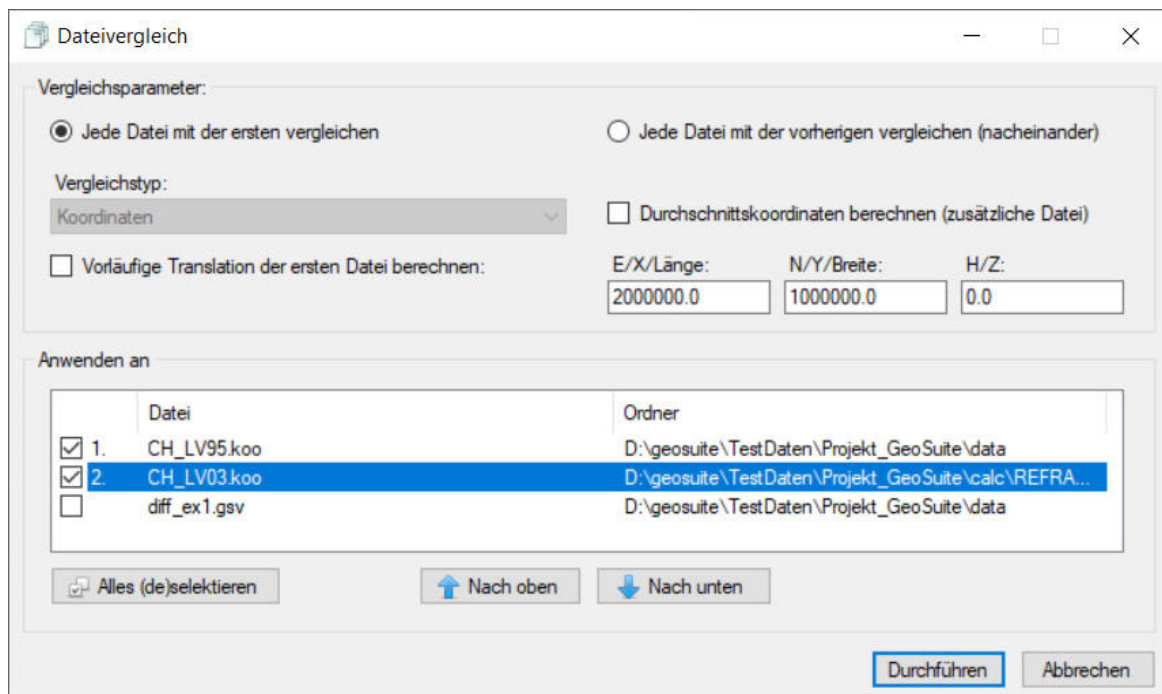


Abbildung 5 - 20: Fenster für den Vergleich von Dateien

Die Resultate werden in der grafischen Visualisierung in Form von Verschiebungsvektoren dargestellt (nur Lage), siehe Abbildung 5 - 21.

Das Anordnen der Fenster als Mosaik und/oder das synchronisierte Scrollen (siehe Kapitel [Anordnung der Fenster](#)), erleichtern den visuellen Vergleich der Dateien im Editor.

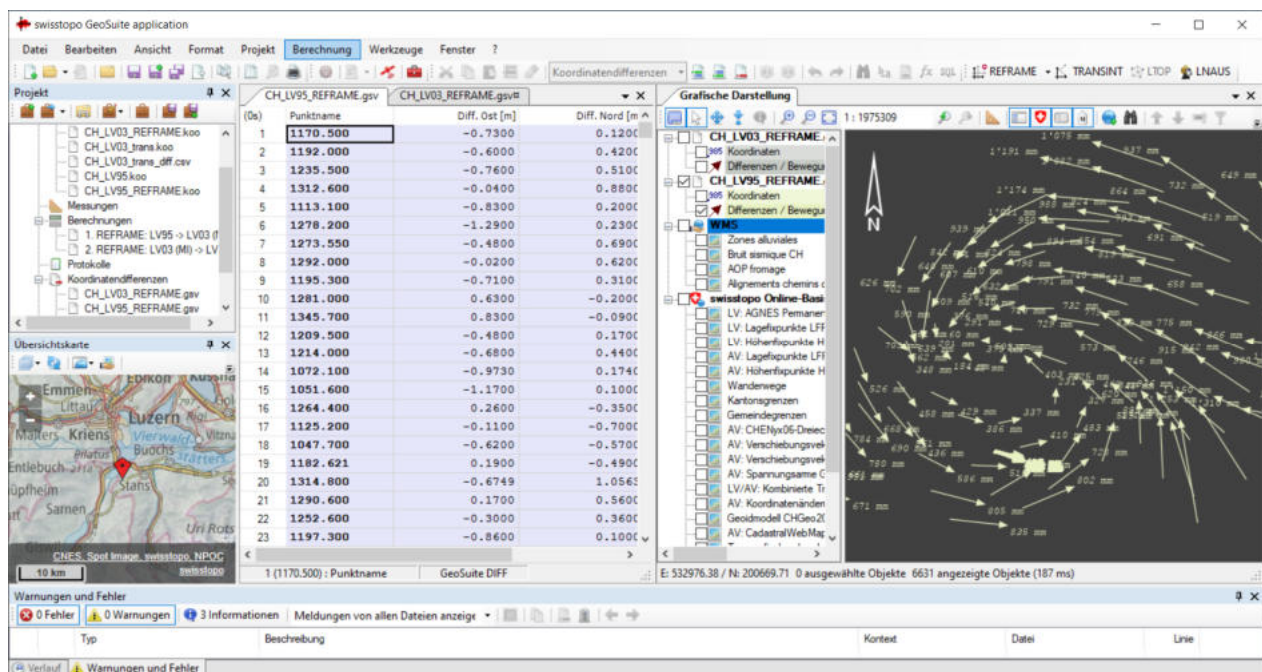


Abbildung 5 - 21: Dateivergleich und Visualisierung der Differenzen

5.11 Visualisierung der Daten

In GeoSuite können die Daten im Kartenausschnitt  und in der grafischen Darstellung  visualisiert werden.

Der Kartenausschnitt  zeigt den Standort (in der Schweiz) eines in der Datentabelle selektierten Punktes vor einem Landeskartenhintergrund, dem Luftbild oder einer hybriden Ansicht (halbtransparent), wie in der Abbildung 5 - 22 gezeigt. Diese Option benötigt eine Internetverbindung.

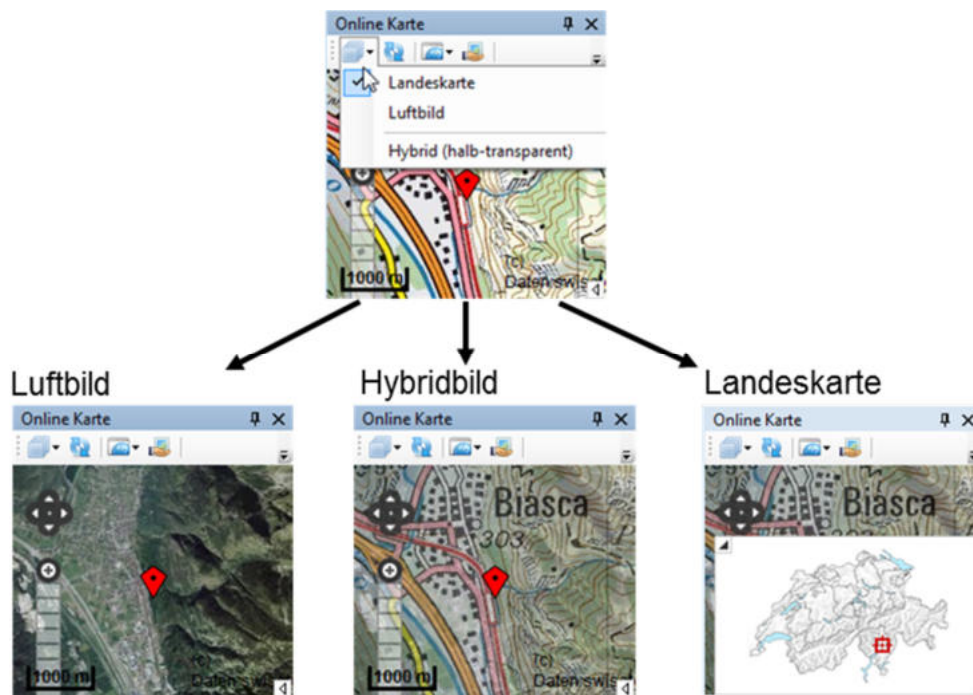


Abbildung 5 - 22: Kartenausschnitt

Die grafische Visualisierung  zeigt die Daten der in GeoSuite geöffneten Dateien sowie eine Gruppe von swisstopo-Datensätzen in verschiedenen wählbaren Ebenen:

- Die Punkte der permanenten GNSS-Stationen (AGNES)
- Die offizielle Dreiecksvermaschung für den Bezugsrahmenwechsel LV03 ↔ LV95 (CHENyx06)
- Die geodätischen Fixpunkte der LV95 der Schweiz (LV95)

und die swisstopo Online-Basisdaten:

- AGNES Permanentnetz
- Lagefixpunkte LFP1
- Höhenfixpunkte HFP1
- Lagefixpunkte LFP2
- Höhenfixpunkte HFP2
- Wanderwege
- Kantons Grenzen
- Gemeindegrenzen
- CHENyx06-Dreiecksvermaschung
- Verschiebungsvektoren der TSP 1 (LV03->LV95)
- Verschiebungsvektoren der TSP 2 (LV03->LV95)
- Spannungsarme Gebiete
- Kombinierte Transformationsgenauigkeitskarte LV03->LV95
- Koordinatenänderungen LV03->LV95
- Geoidmodell CHGeo2004
- AV : CadastralWebMap
- Topografisches Landschaftsmodell (swissTLM3D)
- Landeskarte (Graustufen)
- Landeskarte (Farbig)
- swissimage (Luftbild)
- swissALTI3D Reliefschattierung

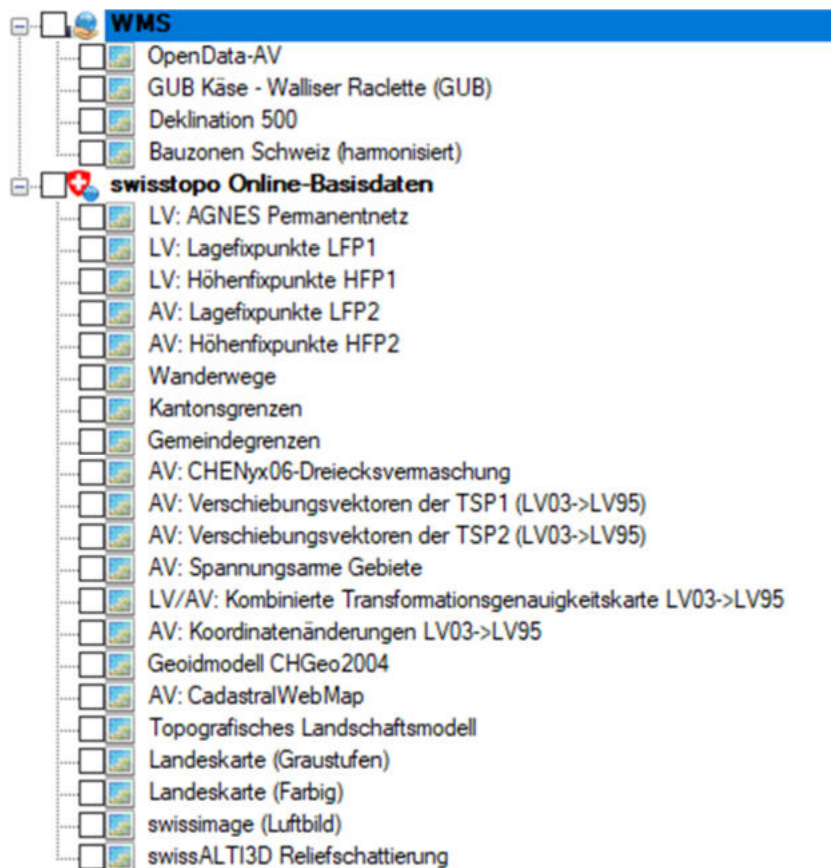


Abbildung 5 - 23: Baumstruktur der swisstopo- (und WMS-)Daten

Web Map Service (WMS)

Der WMS-Service ermöglicht es jedoch in der Gratisversion die meisten Ebenen der Gruppe «swisstopo Online-Basisdaten» manuell hinzuzufügen. Davon ausgenommen sind hingegen die meisten Nationalkarten und Orthofotos der Schweiz.

Über Rechtsklick auf die WMS-Ebene und die Option «WMS-Ebene(n) hinzufügen...» lassen sich im Fenster «Verbindung mit einem WMS-Server» (siehe folgende Abbildung 5 - 24) neue WMS-Ebenen erstellen. Die Verfügbarkeit einer WMS-Ebene wird beim Verbindungsaufbau sowie beim Laden in der grafischen Darstellung geprüft. Falls der Ladevorgang zu lange dauert, lässt sich dieser mit «ESC» abbrechen. Die Darstellung wird wieder geladen, wenn man in der grafischen Darstellung zoomt oder die Ansicht verschiebt.

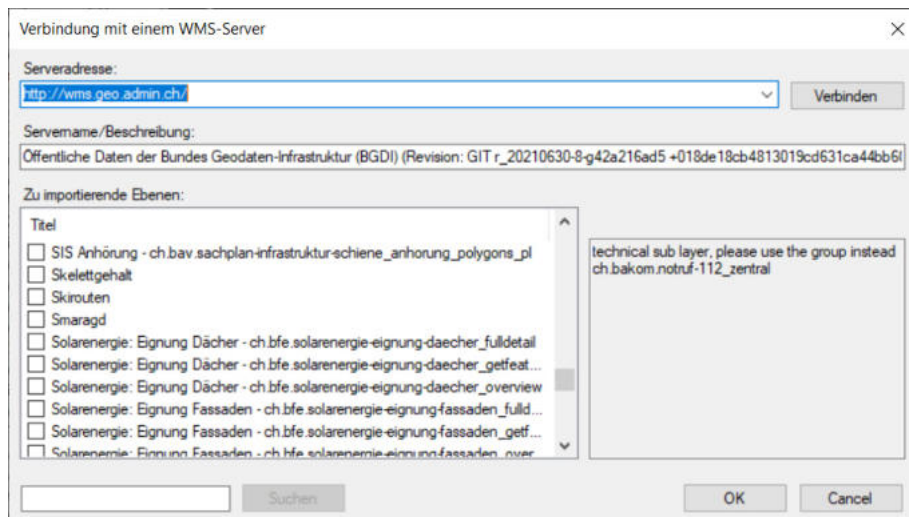


Abbildung 5 - 24: Fenster zur Verbindungsherstellung mit einem WMS-Server

Mit einem Rechtsklick auf eine WMS-Ebene lassen sich in der Option «Informationen über WMS-Daten...» die Beschreibung sowie die Legende einer Ebene betrachten (siehe folgende Abbildungen 5 - 25 und 5 - 26).

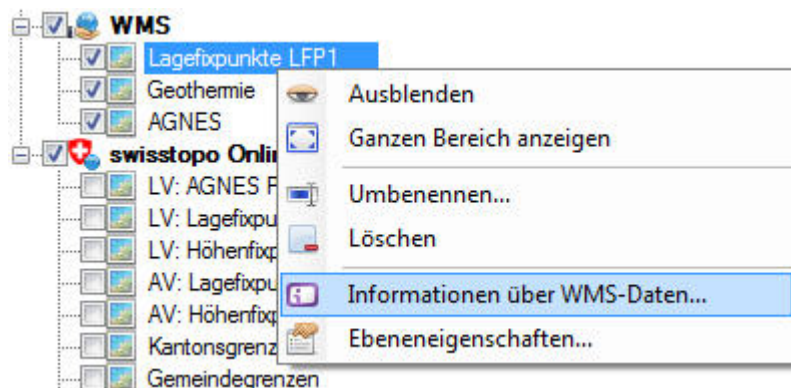


Abbildung 5 - 25: Kontextmenü für WMS-Ebenen

Informationen über WMS-Daten: Lagefixpunkte LFP1

Server

Adresse (URL): Name:

Beschreibung:

Eigentümer / Kontakt:

Ebene

Name:

Beschreibung:

Koordinaten (Fangrahmen):

Legende:

- ☒ ch.swisstopo.fixpunkte-lfp1.TSP1_Multi_1.name
- ☒ ch.swisstopo.fixpunkte-lfp1.TSP1_Multi_1.name
- ☒ EUREF Punkte
- ☒ ch.swisstopo.fixpunkte-lfp1.EUREF_2.name
- ☒ ch.swisstopo.fixpunkte-lfp1.LFP1_Multi.name
- ☒ ch.swisstopo.fixpunkte-lfp1.LFP1_Multi_2.name
- ☒ LFP1 Punkte
- ☒ ch.swisstopo.fixpunkte-lfp1.LFP1_2.name
- ☒ ch.swisstopo.fixpunkte-lfp1.LV95_Multi.name
- ☒ ch.swisstopo.fixpunkte-lfp1.LV95_Multi_2.name
- ☒ LV95 Punkte
- ☒ LV95 Punkte
- ☒ TSP1 Punkte
- ☒ ch.swisstopo.fixpunkte-lfp1.TSP1_2.name

Abbildung 5 - 26: Informationen über WMS-Daten

Gestaltung der Visualisierung

Über die Symbolleiste «Grafische Darstellung» (siehe Abbildung 5 - 27) kann die Visualisierung individuell gestaltet werden. Auf diese Weise lassen sich einfache thematische Karten erstellen.

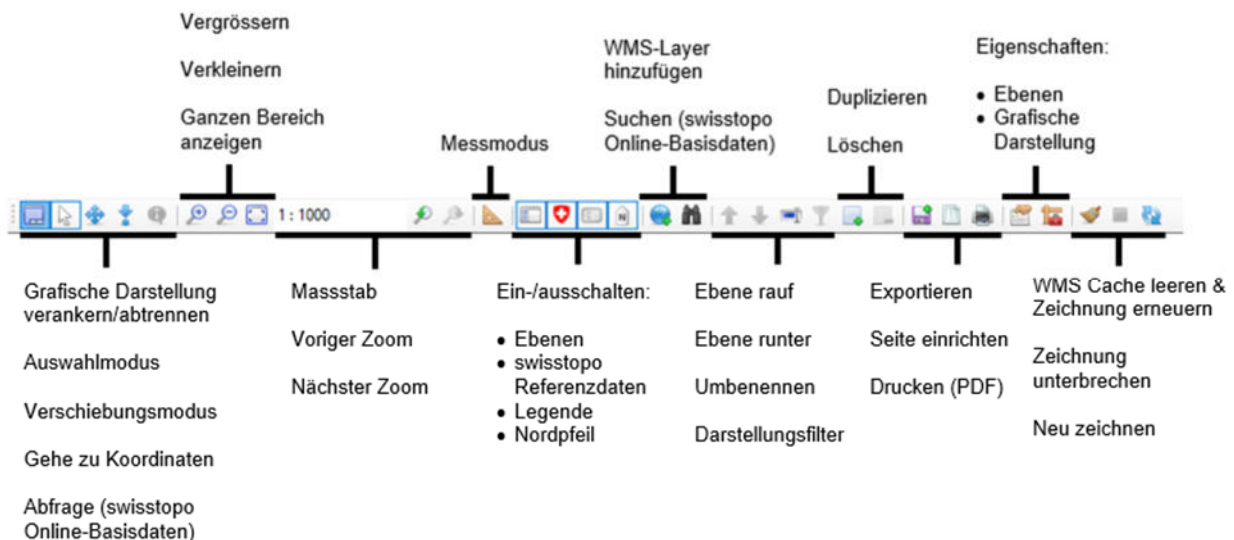


Abbildung 5 - 27: Symbolleiste «Grafische Darstellung»

Bemerkung: Der Button « Neu zeichnen » muss nach ausgeführten Modifikationen geklickt werden, damit die Änderungen dargestellt werden (z. B. nach einem Wechsel der Farbe oder der Schriftart).

Die allgemeinen Optionen der grafischen Darstellung werden im unten gezeigten Fenster (Abbildung 5 - 28) verwaltet.

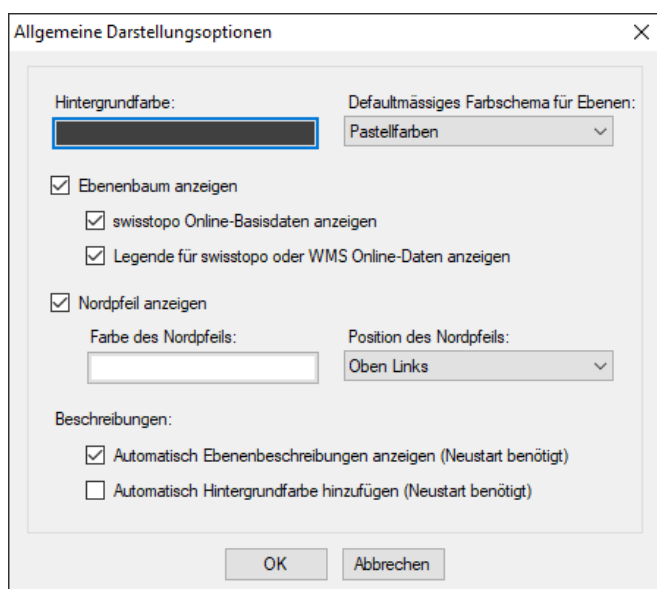


Abbildung 5 - 28: Allgemeine Optionen der grafischen Darstellung

Die Ebenen beinhalten Elemente in Vektor- (z. B. Punkte, Dreiecke, Verschiebungsvektoren) sowie Rasterform (z. B. Landeskarte oder Orthofotos). Siehe dazu die nachfolgende Abbildung 5 - 29. Wenn Punkte selektioniert sind, erscheinen sie in der Darstellung rot.

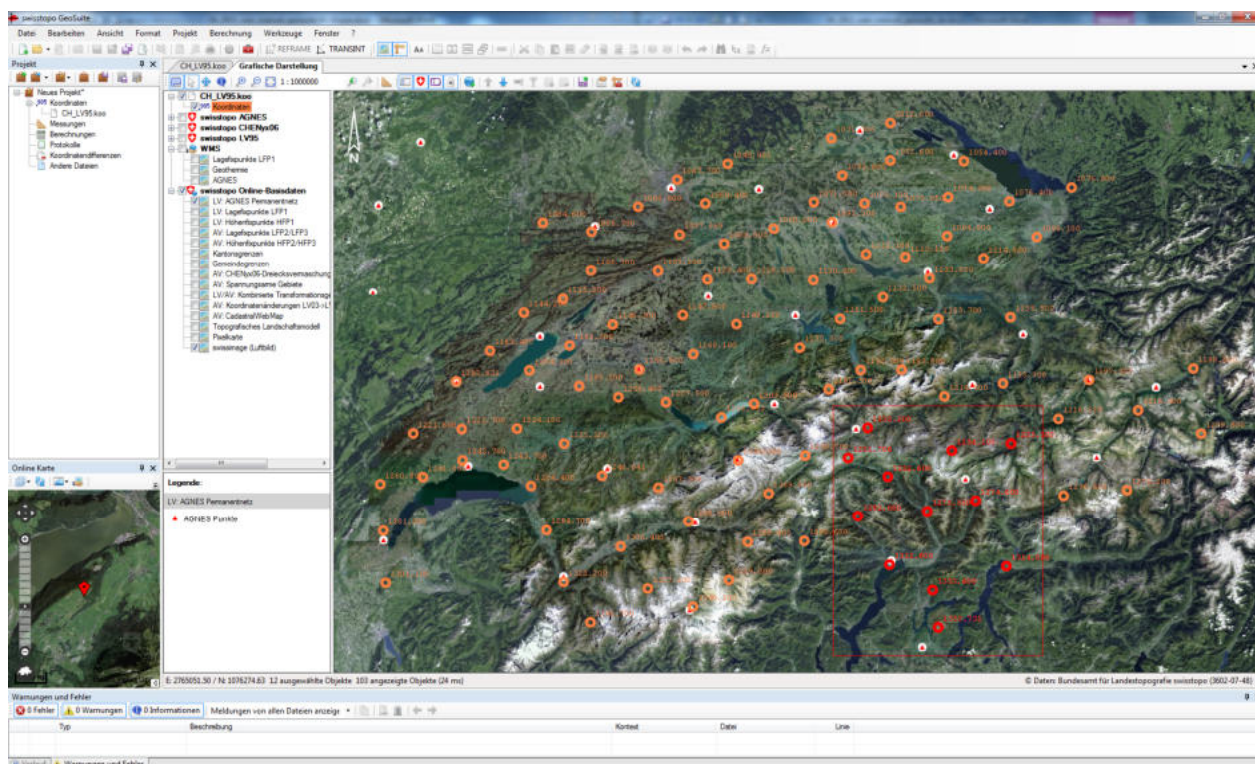


Abbildung 5 - 29: Beispiel einer grafischen Darstellung von LV03-Punkten

Die Baumstruktur der Ebenen , die swisstopo-Ebenen , das Legenden-Fenster  und der Nordpfeil  können über die entsprechenden Icons jederzeit ein- oder ausgeblendet werden.

Ebenenstruktur und -reihenfolge

Die normalen und die WMS-Ebenen überlagern sich je nach Anordnung der Reiter oder der Reihenfolge des Öffnens oder Importierens gegenseitig. Die Überlagerungs-Reihenfolge ist über   veränderbar. Die Ebenen beinhalten Untergruppen (z. B.: ist «swisstopo LV95» zusammengesetzt aus den Hauptpunkten in LV03 und in LV95 sowie der Verdichtungspunkte in LV03 und LV95). Ein gesetztes Häkchen gibt an, dass eine Ebene oder eine Unterebene am Bildschirm angezeigt wird.

Im Rechtsklick-Menü sind Ebenenoptionen wie «Filter/Zeichnungsbedingung», «Duplizieren...»,

«Umbenennen...», «Exportieren...», «Ebenenmassstäbe vereinheitlichen...» und «Ebeneneigenschaften...» verfügbar (Abbildung 5 - 30).

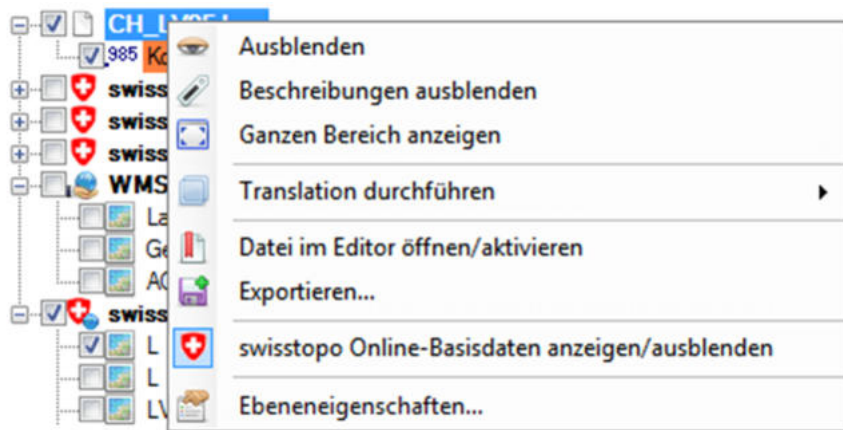


Abbildung 5 - 30: Baumstruktur und Ebenen-Eigenschaften

Für Unterebenen gibt es ein ähnliches Kontextmenü, jedoch mit noch spezifischeren Möglichkeiten (Abbildung 5 - 31).

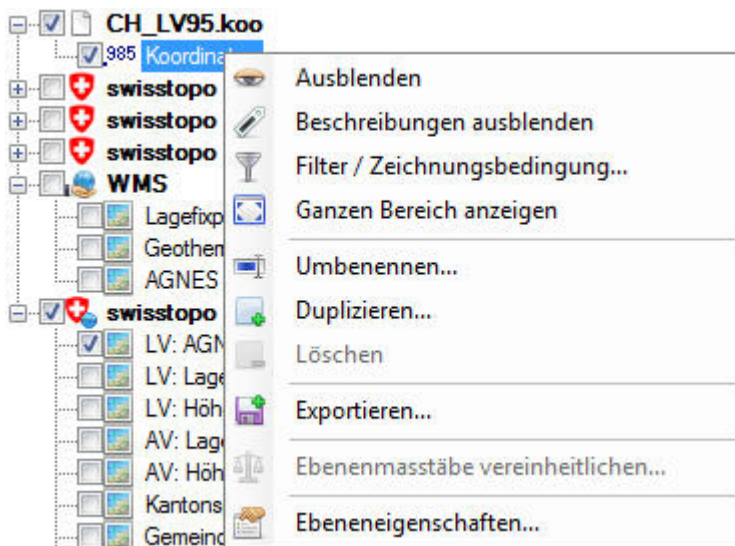


Abbildung 5 - 31: Baumstruktur mit Kontextmenü für Unterebenen

Die Option um die Ebenenmassstäbe zu vereinheitlichen , erlaubt die Anwendung eines einheitlichen Massstabes auf alle Ebenen desselben Typs oder derselben Geometrie.

Ebeneneigenschaften

Das Fenster mit den Ebeneneigenschaften  ist in ein Drop-Down-Menü sowie in drei Reiter aufgeteilt: «Allgemeine Optionen», «Ebenen» und «Darstellungsfiler». Der Reiter «Allgemeine Optionen» definiert die Anzeige und eine eventuelle Verschiebung der Ebene (siehe folgende Abbildung 5 - 32).

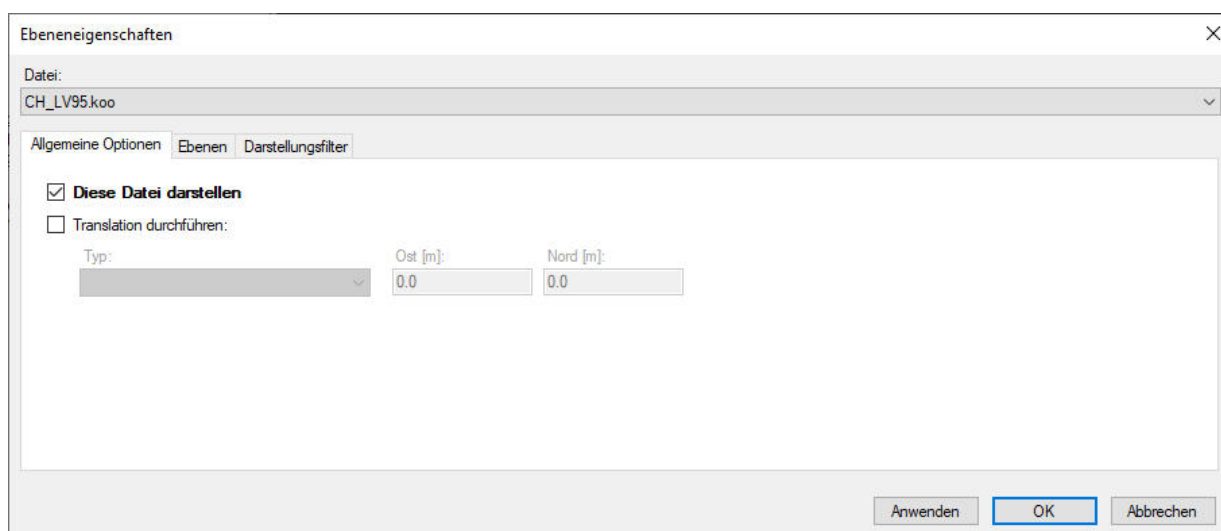


Abbildung 5 - 32: Ebeneneigenschaften – Allgemeine Optionen

Der Reiter «Ebenen» erlaubt die Veränderung der Darstellungseigenschaften einer Ebene wie z. B. die Farbe, den Massstab, die Schriftart und -farbe sowie die Hintergrundfarbe der Beschriftungen (siehe folgende Abbildung 5 - 33). Die Farbe der Geometrie und der Beschriftung ist standardmässig verbunden. Dies lässt sich aber über die kleine Checkbox «Geometrie- und Beschreibungsfarbe verbinden» jederzeit ändern. Der Massstabsfaktor wird in Bezug zum aktiven Massstab definiert (z. B.: 1'000), kann aber auch manuell in Bezug auf einen absoluten Massstab definiert werden (z. B.: 1:25'000).

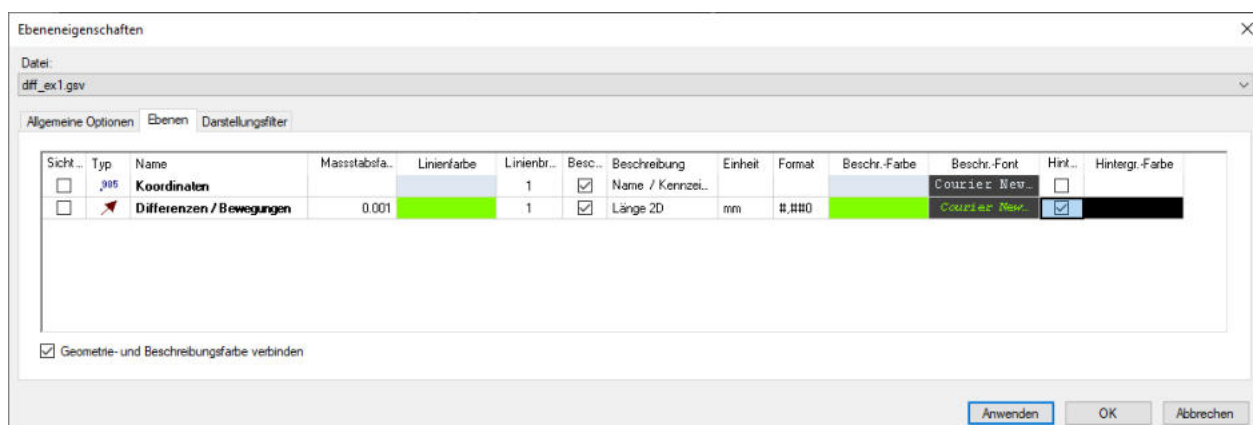


Abbildung 5 - 33: Ebeneneigenschaften – Ebenen

Der Reiter «Darstellungsfiler» (siehe folgende Abbildung 5 - 34) erlaubt die Definition von Darstellungsbedingungen (Koordinaten E, N, Höhe H, minimale oder maximale Länge eines Vektors) der Daten der grafischen Darstellung. Die Daten werden dargestellt, falls die Filterkonditionen erfüllt sind. In Kombination mit der Option des Duplizierens einer Ebene kann der Darstellungsfiler zum Erzeugen einer thematischen Karte benutzt werden (siehe auch [Anhänge - Erstellung einer thematischen Karte in GeoSuite](#)).

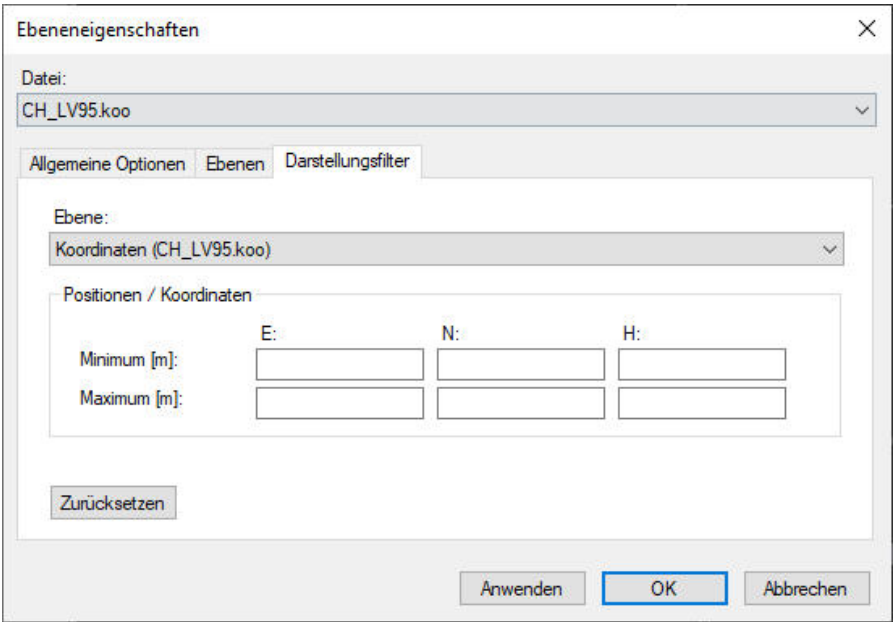


Abbildung 5 - 34: Ebeneneigenschaften – Darstellungsfiler

Die Darstellung der WMS-Ebenen und Online-Daten lässt sich nicht verändern. Trotzdem verfügen diese auch über ein Menü «Ebeneneigenschaften», mit welchem sich die Transparenz der einzelnen Ebenen einstellen lässt (Abbildung 5 - 35).

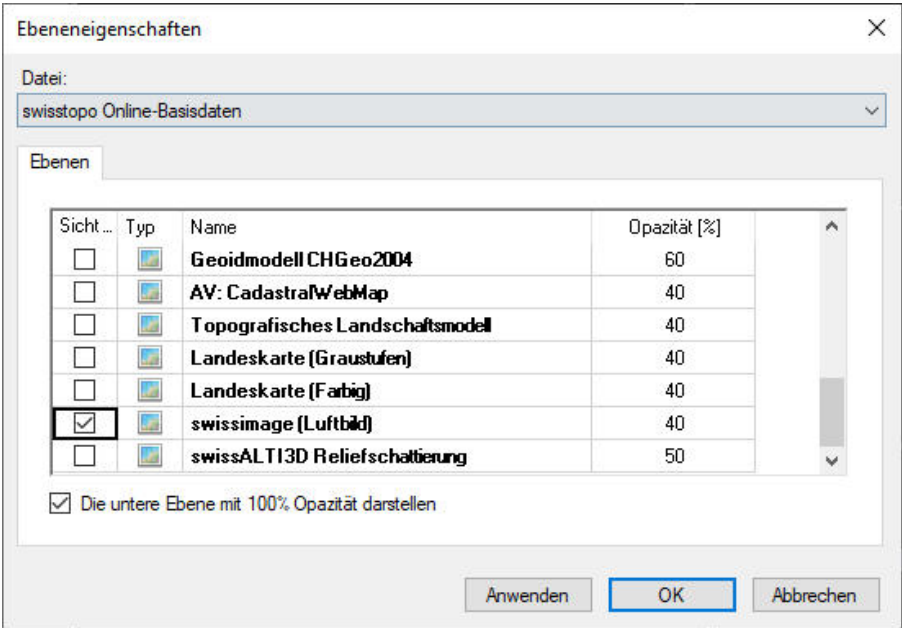


Abbildung 5 - 35: Ebeneneigenschaften für WMS- und Online-Daten

Tastaturkürzel für die grafische Visualisierung

Die verfügbaren Tastaturkürzel für die grafische Visualisierung sind in der folgenden Tabelle 5 - 3 aufgelistet.

Tabelle 5 - 3: Tastaturkürzel für die grafische Darstellung

Tastenkombination	Funktion
Mausrad oder « + » oder « - » auf dem Ziffernblock	Ein- oder Auszoomen
Pfeiltasten	Verschieben der Ansicht

Doppelklick	Zentrieren und Einzoomen
Linksklick + Shift + Verschieben des Cursors oder Knopf des Mousrades gedrückt + Cursor verschieben	Verschieben des Plans

Export der Ebenen

Über den Knopf  können die Ebenen in den Formaten AutoCAD DXF, JPEG oder PNG exportiert werden. Hierbei werden die Daten gemäss ihren Anzeigeeinstellungen exportiert (aktive Ebenen, gewählte Farben, Massstab und Fokussierung). Die Option für die Farbe des Hintergrundes oder die Position des Nordpfeiles können durch Klicken auf das Icon der allgemeinen Optionen der grafischen Darstellung  modifiziert werden.

Das Layout der Ebenen (z. B. Farbe oder Grösse eines Objekts, Schriftart, Darstellungsfilter) in der grafischen Darstellung bleiben erhalten, falls die Daten in einem Projekt gespeichert werden.

5.12 Projekte

Die Projekt-Gliederung vereinfacht die Verwaltung von geodätischen Berechnungen, mit ihnen verknüpften Dateien sowie ihrer Darstellung. Die Symbolleiste «Projekt» umfasst die Projektverwaltungs-Funktionalitäten:

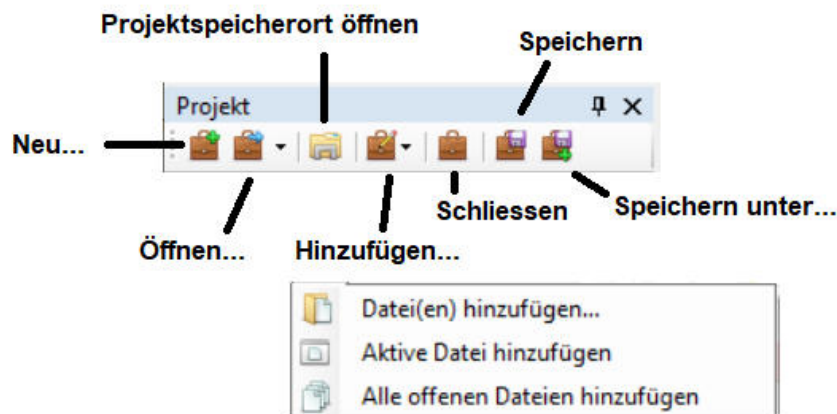


Abbildung 5 - 34: Symbolleiste «Projekt»

Mit dem Öffnen eines Projektes erscheint eine Baumstruktur mit Koordinatendateien, Messungen, Berechnungen, Protokollen, Koordinatendifferenzen und anderen Dateien (Abbildung 5 - 35).

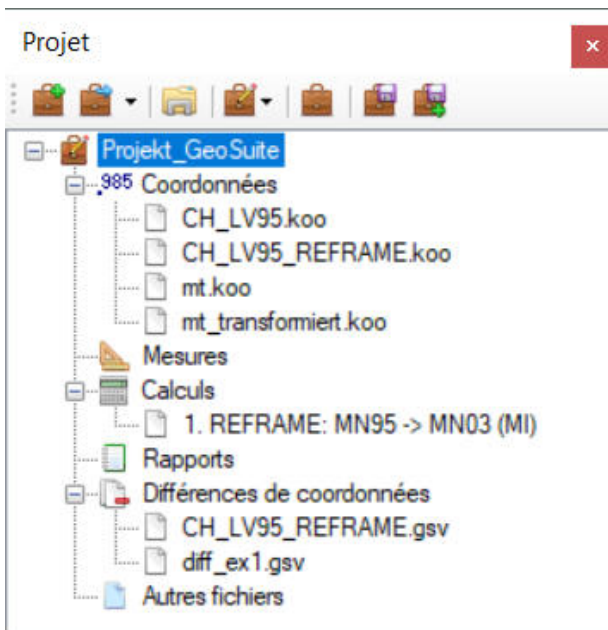


Abbildung 5 - 35: Automatisch verwaltete Baumstruktur eines Projektes

Das Hinzufügen von Dateien zu einem Projekt geschieht über das Symbol . Die Baumstruktur wird aktualisiert und die Dateitabs sowie die grafische Darstellung erscheinen. Wenn ein Sternchen (*) neben einem Projekt- oder Dateinamen erscheint, wird signalisiert, dass seit dem letzten Speichern ein Element im Projekt/in der Datei verändert wurde. Die einem Projekt zugehörigen Dateien werden automatisch in der Baumstruktur aktualisiert, wenn sie gespeichert, umbenannt oder verschoben werden. Der Ablageort der Dateien ist unabhängig von demjenigen des Projektes.

Via Rechtsklick auf einen Dateinamen in der Projektstruktur kann eine Datei jederzeit geöffnet, aus dem Projekt entfernt, ersetzt, verschoben oder aus dem Archiv extrahiert werden (siehe folgende Abbildung 5 - 36). Wenn eine Datei aus dem Projekt entfernt wird, wird diese weder auf dem Computer gelöscht, noch aus den offenen Tabs von GeoSuite entfernt.

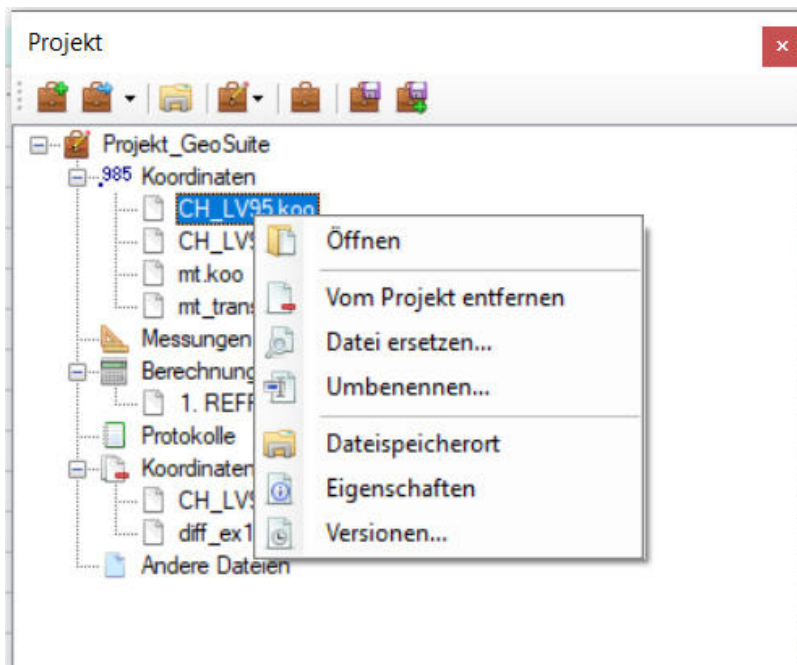


Abbildung 5 - 36: Dateioptionen in einem Projekt

Wenn die Datei nicht wiederhergestellt wird, bleibt sie fehlend, und die fehlerhafte Verknüpfung in der Projektstruktur wird rot markiert.

Die Optionen bezüglich automatischem Erstellen, Öffnen und Speichern von Projekten können im Menü «Werkzeuge – Allgemeine Optionen... – Projekte» eingestellt werden.

Die Tastenkürzel für die Verwaltung der Projekte sind in der folgenden Tabelle 5 - 4 aufgelistet.

Tabelle 5 - 4: Tastaturkürzel für die Projektverwaltung

Tastenkombination	Funktion
Alt+N	Neues Projekt erstellen
Alt+O	Bestehendes Projekt öffnen
Atl+S	Projekt speichern (sowie aktive Datei)
Atl+C	Projekt schliessen

Die Darstellungseigenschaften der Ebenen (Farbe, Schrift, Grösse) werden in der Projektdatei gespeichert.

5.13 Verschiedene Werkzeuge

- Batch (siehe Kapitel [Batch-Verarbeitung](#))
- Überprüfen der Struktur der aktiven Datei (automatisch vor einer Berechnung)
- ITF INTERLIS Dateien teilen/zusammenfügen
- Header von RINEX-Dateien bearbeiten
- Shapefile in KML umwandeln

5.14 Hilfe und Support

Das Menü «?» (siehe folgende Abbildung 5 - 38) gibt Zugang zur Hilfe und zum technischen Support sowie zu generellen Informationen über swisstopo.

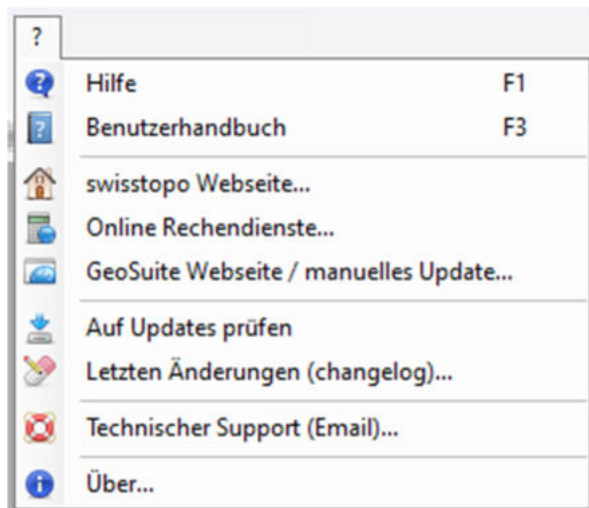


Abbildung 5 - 38: Menüpunkte des Menüs «?»

Der Befehl «Über...» gibt generelle Informationen über die Anwendung, insbesondere die Nummer und das Datum der installierten Version. Diese Informationen sind wichtig für den Support im Falle von technischen Problemen.

Wenn Ihnen das Update nicht weiterhilft, ein Problem bei der Benützung von GeoSuite zu lösen, benutzen Sie den «Technischen Support» von swisstopo (geo.support@swisstopo.ch).

GeoSuite bietet eine automatische und manuelle Online-Updatefunktion. Wenn Ihr Arbeitsplatz über eine ständige Internetverbindung verfügt und die Default-Option zur automatischen Suche nach Updates eingeschaltet gelassen wird (es ist möglich, diese Option über das Menü «Werkzeuge – Allgemeine Optionen... - Verschiedenes» auszuschalten), prüft GeoSuite in regelmässigen Abständen, ob ein Update (Korrekturen oder neue Funktionalitäten) abrufbar ist. Der Installationsvorgang eines Updates läuft

vollständig automatisch ab.

6 Das Modul LTOP

6.1 Einleitung

Das Ausgleichungsprogramm LTOP erlaubt die Ausgleichung von nicht korrelierten Beobachtungen der folgenden Typen:

- Richtungssätze
- Azimute
- Distanzen (korrigiert für Meteeinflüsse)
- Koordinaten
- Koordinatendifferenzen
- Sätze von GPS-Koordinaten
- Höhenwinkel
- Höhendifferenzen

Die Ausgleichung kann sowohl mit kartesischen Koordinaten in einem wählbaren Projektionssystem, z.B. dem der Schweizerischen Landesvermessung, als auch mit geographischen Koordinaten auf einem wählbaren Ellipsoid durchgeführt werden.

Jeder Beobachtung kann ein individueller mittlerer Fehler a priori zugeteilt werden. Somit können Polygonnetze, Triangulationsnetze, Kombinationen von GPS-Beobachtungen und terrestrischen Messungen und behelfsmässig auch Nivellementnetze ausgeglichen werden.

Die Beobachtungen können vermittelnd nach der Methode der kleinsten Quadrate oder robust ausgeglichen werden. Mit Hilfe der robusten Ausgleichung ist es möglich, grobe Fehler im Datenmaterial aufzuspüren und deren Einfluss auf die Ergebnisse stark zu reduzieren. Dadurch kann auch bei sehr grossen groben Fehlern mit vernünftigen Resultaten gerechnet werden, solange sich die Zahl der groben Fehler in gewissen Grenzen hält. Theoretische Grundlagen sind in den Berichten 189 und 190 des Institutes für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, zu finden.

Lage- und Höhenausgleichung werden getrennt durchgeführt. Schiefe Distanzen werden in die Projektionsebene reduziert. Für Richtungen, Azimute und Distanzen sind je maximal 9 Gruppen mit individuellen Orientierungs- resp. Massstabs- und Additionsunbekannten erlaubt. Exzentren werden als Neupunkte in die Ausgleichung eingeführt, wobei die Beobachtungen zwischen Zentrum und Exzentrum mit realistischen Genauigkeiten berücksichtigt werden. Schlechte Näherungskordinaten können iterativ verbessert werden.

Das einzugebende Koordinatenverzeichnis muss Anschlusspunkte und Neupunkte (Näherungskordinaten) enthalten. Die Resultate umfassen ein Titelblatt, das Koordinatenverzeichnis mit den ausgeglichenen, auf Wunsch gerundeten Koordinaten mit ihren mittleren Fehlerellipsen und mittleren Höhenfehlern a posteriori, die Zusammenstellung aller Werte für die Distanzreduktion, ferner den Lage- und Höhenabriss, die äussere Zuverlässigkeit der Koordinaten und auf Wunsch relative Fehlerellipsen und/oder relative Zuverlässigkeitsrechtecke zwischen beliebigen Neupunkten, die Normalgleichungsmatrix und ihre Inverse.

Mit Hilfe von Masken können viele Optionen gewählt werden. So können etwa Azimutreduktionen berücksichtigt und ausgedruckt werden. Wenn Lotabweichungen und Geoidhöhen bekannt sind, kann deren Einfluss auf die Beobachtung berücksichtigt werden, usw. Für jeden feststellbaren Fehler wird eine Meldung gedruckt, die auf Art und Details hinweist.

Für eine Ausgleichung müssen die folgenden Input-Files zur Verfügung stehen:

- ein Koordinatenfile, in dem die Koordinaten aller Punkte (auch Näherungskordinaten von Neupunkten) aufgeführt sind.
- ein Messfile, in dem alle in die Ausgleichung einflussenden Beobachtungen enthalten sind.
- die Steurdatei, in der die Berechnungsparameter gespeichert sind (optional, diese Datei kann von GeoSuite automatisch generiert werden)

Für gewisse Spezialfälle kann ggf. auch das bisherige LTOP-manual interessant sein [Referenz](#) [37]

6.2 Fenster LTOP - ResMap

Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten, wie eine LTOP-Berechnung ausgeführt werden kann (siehe Abbildung 6 - 1):

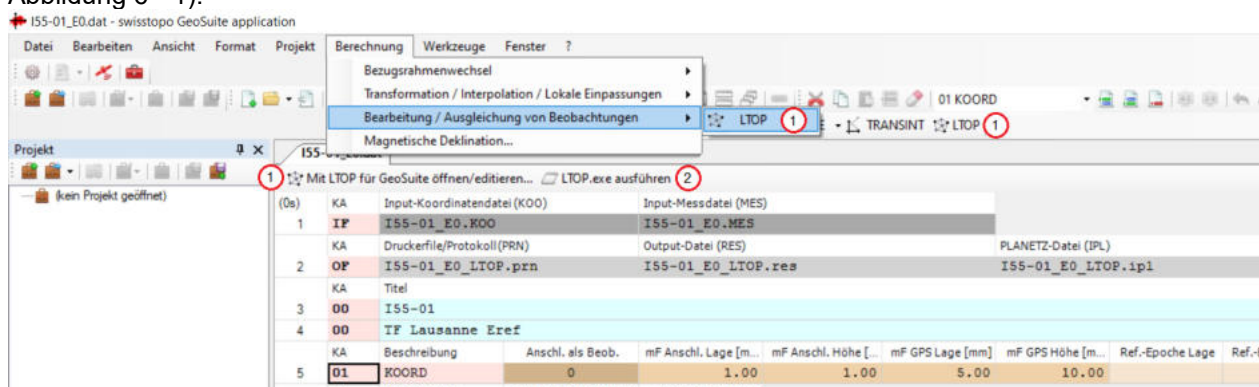


Abbildung 6 - 1: Starten einer LTOP-Berechnung

① Verwendung der grafischen Benutzeroberfläche.

Öffnen Sie den LTOP-Dialog über das Menü « Berechnung – Bearbeitung / Ausgleichung von

Beobachtungen – LTOP » oder mit dem Symbol  nachdem eine LTOP-Steuerdatei (DAT) geöffnet wurde und die entsprechende Registerkarte aktiv ist.

Es ist möglich, auf die DAT-Datei zu verzichten. Dazu müssen eine KOO-Datei und eine MES-Datei geöffnet werden.

Sonst bleibt das entsprechende Symbol inaktiv.

Wenn eine Steuerdatei geöffnet ist, kann auch die grafische Benutzeroberfläche mit dem Symbol

 Mit LTOP für GeoSuite öffnen/editieren... verwendet werden.

Um die grafische Benutzeroberfläche zu verwenden, muss zuerst ein GeoSuite Projekt erstellt werden (siehe Abbildung 6 - 2).

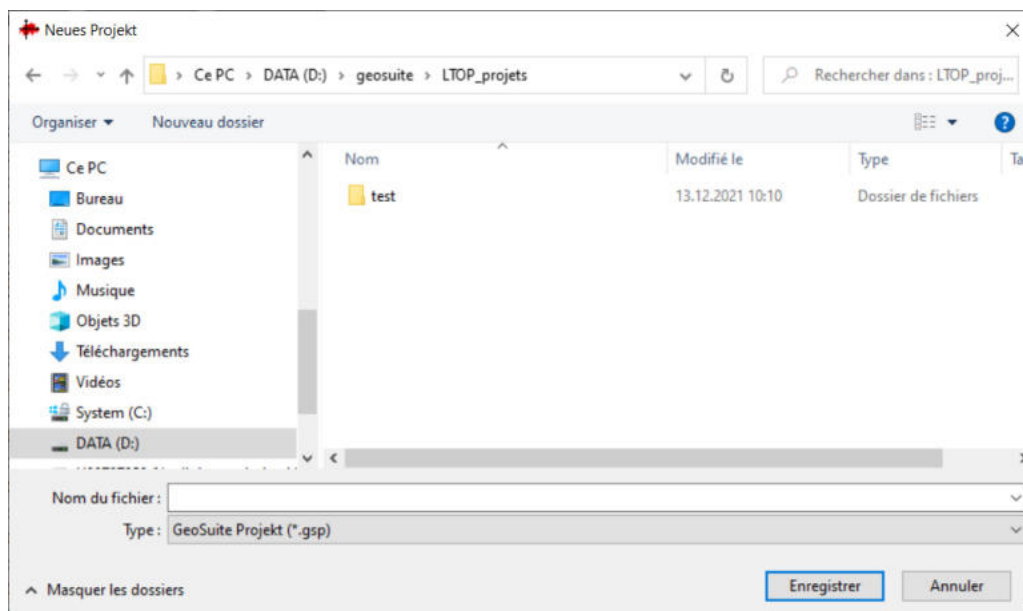


Abbildung 6 - 2: Erstellung eines GeoSuite-Projekts

Die DAT-, KOO- und MES-Dateien werden dann in ein Unterverzeichnis des Projekts importiert: `\projekt\data`.

Es sind diese Dateien, die bearbeitet und für die Berechnung verwendet werden. Die Originaldateien werden nie verändert.

Die Einstellungen und Parameter der Berechnung können dann über die grafische Benutzeroberfläche angepasst werden (siehe Abbildung 6 - 3).

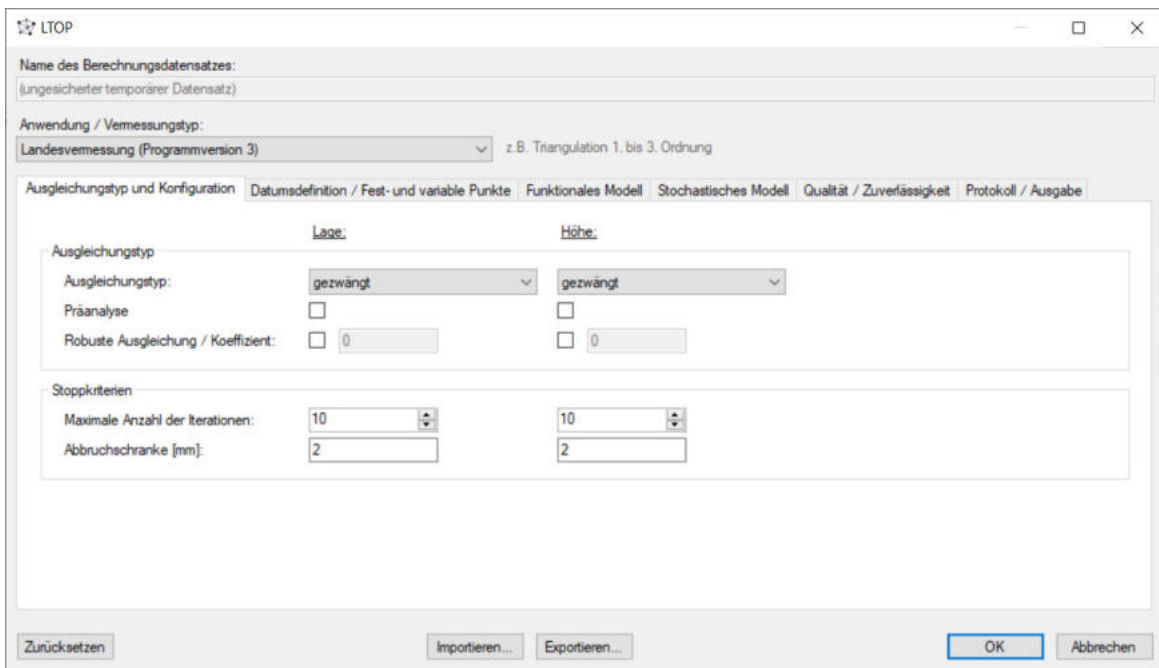


Abbildung 6 - 3: Grafische Benutzeroberfläche des Berechnungsmoduls LTOP

Es kann aus verschiedenen Anwendungen / Vermessungstypen ausgewählt werden (siehe Abbildung 6 - 4). Je nach Wahl werden bestimmte Parameter automatisch gesetzt.



Abbildung 6 - 4: Anwendung / Vermessungstyp

Die grafische Benutzeroberfläche enthält sechs Registerkarten, auf denen die verschiedenen Parameter konfiguriert werden können:

- Ausgleichungstyp und Konfiguration (siehe Abbildung 6 - 5)

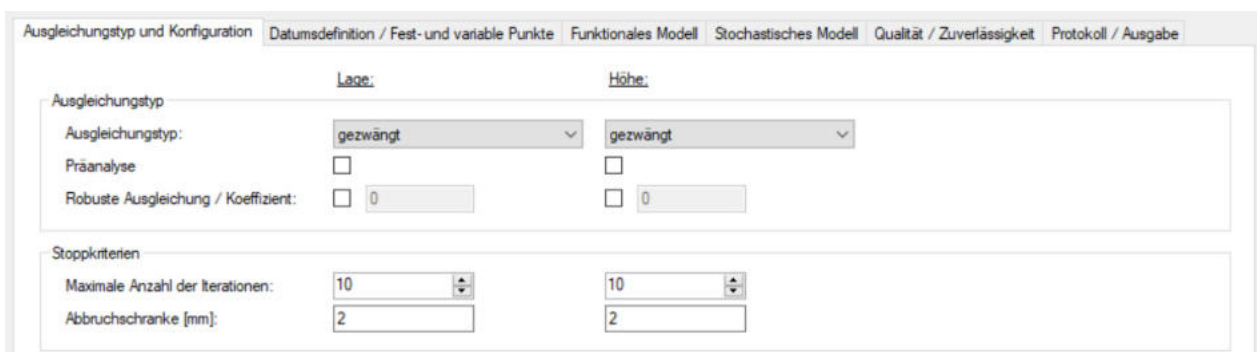


Abbildung 6 - 5: Ausgleichungstyp und Konfiguration

Wahl der Art der Ausgleichung (siehe Abbildung 6 - 6)

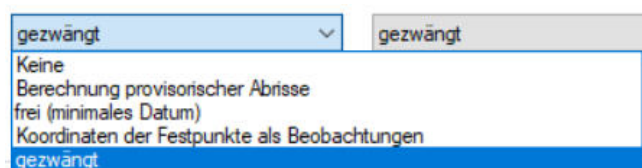


Abbildung 6 - 6: Art der Ausgleichung

Wenn der Ausgleichungstyp "frei (minimales Datum)" gewählt wird, müssen Sie die Einstellungen für das

minimale Datum festlegen

(siehe Abbildung 6 - 7) .

Um die Originaldatei der Beobachtungen unverändert zu lassen, wird eine neue Datei mit der Endung _frei.MES erstellt. Diese neue Datei muss dann für die LTOP-Berechnung verwendet werden (voir Figure 6 - 13).

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

Ausgleichungstyp

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

Ausgleichungstyp: frei (minimales Datum) | frei (minimales Datum)

Präanalyse: ☐ | ☐

Robuste Ausgleichung / Koeffizient: ☐ 0 | ☐ 0

Definition der freien Ausgleichung

☒ Separate .MES-Datei: D:\geosuite\Release15\test4\data\oberath20_frei.mes

☒ Automatisch .MES-Datei generieren und Kontrollpunkte setzen:

Definitionsmodus: 1 Festpunkt und 1 fiktives Azimut | 1 Festpunkt

Festpunkt-Name: 11515249 | 11515249

Fiktives Referenzazimut zum Punkt: 11516240

Typ / Wert [g]: AP (in Projektion) | 0.00000

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

Stoppkriterien

Maximale Anzahl der Iterationen: 5 | 5

Abbruchschranke [mm]: 0.2 | 0.2

Figure 6 - 7: Definition der freien Ausgleichung

- Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte (siehe Abbildung 6 - 8)
 - Festpunkte = Fixpunkte = Referenzpunkte = Datumspunkte
 - Variable Punkte = Neupunkte = überwachte Punkte

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

Koordinatendatei

D:\geosuite\LTOP_projets\test_DE\data\155-01_E0.KOO

Projektionssystem

Bezugssystem: CH (LV03): 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 R1	☒	☒
2 R2	☒	☒
3 R3	☒	☒
4 R4	☒	☒
5 R5	☒	☒
6 R6	☒	☒
7 R7	☒	☒
8 R8	☒	☒
9 R9	☒	☒
10 R10	☒	☒
11 R11	☒	☒
12 101	☒	☒

136 / 145 Festpunkte in der Lage
136 / 145 Festpunkte in der Höhe

Suchen... | Punktliste bearbeiten...

Abbildung 6 - 8: Datumsdefinition / Fest- und variable Punkte

- Funktionales Modell (siehe Abbildung 6 - 9)

Ausgleichungstyp und Konfiguration Datumdefinition / 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...

Abbildung 6 - 9: Funktionales Modell

- Stochastisches Modell (siehe Abbildung 6 - 10)

Auslegungstyp 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]:	5.00
Zentrierung [mm]:	0.40		
GNSS-Koordinaten [mm]:	5.00	Festpunkte-Koordinaten [mm]:	1.00
Distanzen Instrument:	EDM ▾	A [mm]: 1.00	B [mm/km]: 2.00 C [mm/km²]: 0.00

Beobachtungsgruppen

Richtungen und Azimute Distanzen

Richtungsgruppen:

Gr.-Name	Instrument	St.-Abw. [cc]

Azimutgruppen:

Gr.-Name	Ori. Unb.	St.-Abw. [cc]

Abbildung 6 - 10: Stochastisches Modell

- Qualität / Zuverlässigkeit (siehe Abbildung 6 - 11)

Abbildung 6 - 11: Qualität / Zuverlässigkeit

- Protokoll / Ausgabe (siehe Abbildung 6 - 12)

Abbildung 6 - 12: Protokoll / Ausgabe

Wenn die Einstellungen ausgefüllt wurden, auf OK klicken.

Ein neues Fenster wird geöffnet (siehe Abbildung 6 - 13).

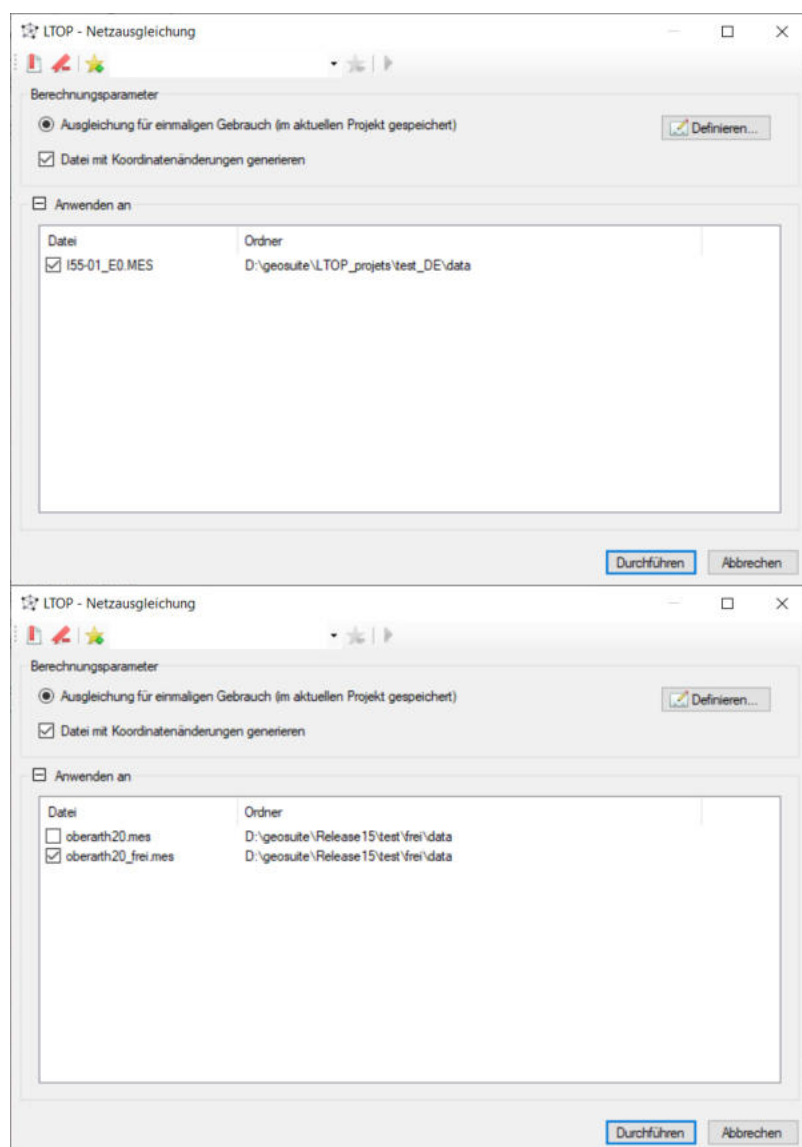
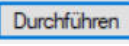


Abbildung 6 - 13: LTOP - Netzausgleich

Klicken Sie auf  um zur grafischen Benutzeroberfläche zurückzukehren (siehe Abbildung 6 - 3) und die Einstellungen anzupassen oder klicken Sie auf  um die LTOP-Berechnung zu starten.

Am Ende der Berechnung öffnet sich ggf. ein Fenster mit Bemerkungen und/oder Fehlern (siehe Abbildung 6 - 13).

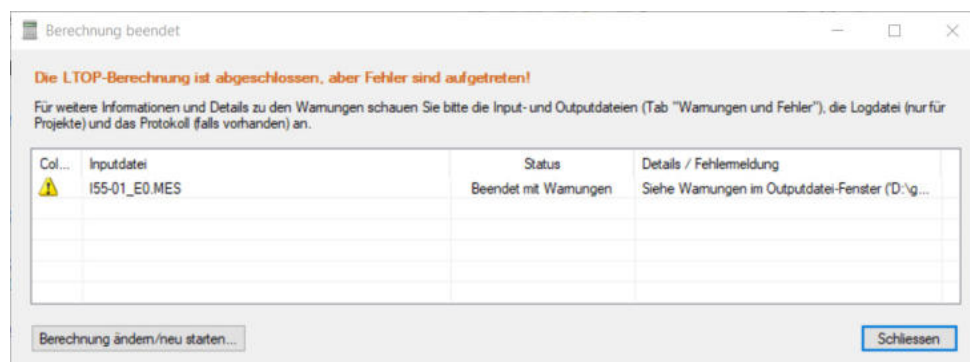


Abbildung 6 - 14: Berechnung beendet

Die Ergebnisse werden in einem Unterverzeichnis des Projekts gespeichert: `\projekt\calc\LTOP\0001`

Für jede Berechnung werden alle verwendeten DAT-, KOO- und MES-Dateien in dieses Verzeichnis kopiert.

So findet man für jede Berechnung die verwendeten Dateien.

Klicken Sie auf **Berechnung ändern/neu starten...** um die Einstellungen der Berechnung anzupassen und erneut auszuführen.

Klicken Sie auf **Schliessen** um die Berechnung zu beenden.

Wenn man eine Berechnung über die grafische Benutzeroberfläche erneut startet, geht GeoSuite davon aus, dass es sich um eine neue Berechnung handelt.

Die Ergebnisse werden in das nächste "freie" Verzeichnis gespeichert (Schritt 1): `\projekt\calc\LTOP\0002`, `0003`, usw.

2 Es ist auch möglich, eine LTOP-Berechnung direkt zu starten, ohne die grafische Benutzeroberfläche von LTOP zu verwenden.

Dazu muss zuerst eine LTOP-Steuerdatei (DAT) geöffnet werden.

Mit dem Symbol **LTOP.exe ausführen** wird LTOP ausgeführt (sofern die KOO- und MES-Datei in der DAT-Datei entsprechend angegeben sind). Die Ergebnisdateien befinden sich im selben Verzeichnis wie die verwendete Steuerdatei.

Die Ergebnisse der LTOP- Rechnung erscheinen in einer HTML-Datei (siehe Abbildung 6- 15).

GNSS_TPS_Niv.mes

K2022_2.koo

ResMap (GNSS_TPS_Niv_LTOP)

GNSS_TPS_Niv_LTOP.res

GNSS_TPS_Niv_LTOP.html

GNSS_TPS_Niv_LTOP.gsv

Grafische Darstellung

ResMap (GNSS_TPS_Niv_LTOP)

Dieze Datei ist das Resultat einer Berechnung: LTOP - Lage: gezwängt, Höhe: gezwängt



Andern/neu starten...



swisstopo LTOP (GeoSuite) 1.6.5088

17.07.2025 15:18

080797850

Titel / Beschreibung

Test

Nutzname

Name des Berechnungsdatensatzes

hybrid_gewängt_kungleich

Dateien

Koordinaten

Beobachtungen

Steuerfile (DAT)

Resultate

D:\GeoSuite\DATA\Hybrider_Ausgleich_Schwandenbergl\data\K2022_2.koo

D:\GeoSuite\DATA\Hybrider_Ausgleich_Schwandenbergl\data\GNSS_TPS_Niv.mes

D:\GeoSuite\DATA\Hybrider_Ausgleich_Schwandenbergl\calc\LTOP\0009\GNSS_TPS_Niv_LTOP.dat

D:\GeoSuite\DATA\Hybrider_Ausgleich_Schwandenbergl\calc\LTOP\0009\GNSS_TPS_Niv_LTOP.res

Ausgleichstyp und Konfiguration

Lage

Höhe

Ausgleichstyp

gewängt

gewängt

Präzisions

kein

kein

Robuste Ausgleichung / Koeffizient

kein / 0.0

kein / 0.0

Maximale Anzahl der Iterationen

20

20

Abbruchschranke

1.000 mm

1.000 mm

Datumsdefinition

CH (LV95): Switzerland (oblique Mercator) - LV95

Ursprungspunkt

Name

East [m]

North [m]

Height [m]

MULLBERG

2600000.0000

1200000.0000

0.0000

Festpunkte

Name

Typ

Tol./Kat.

E/y [m]

N/x [m]

H/h [m]

Geoid-Höhe [m]

Eta [mgon]

Xi [mgon]

740

2647315.6124

1179455.3439

884.5328

0.7945

-1.6200

-1.7900

D:\GeoSuite\DATA\Hybrider_Ausgleich_Schwandenbergl\calc\LTOP\0009\GNSS_TPS_Niv_LTOP.html

HTML-Dokument

Abbildung 6- 15: Ergebnisdatei im HTML-Format

Um die HTML-Seite zu erstellen, macht LTOP eine .PRNX-Datei in dem Ordner, in dem die Berechnung gespeichert ist `..\Name_des_Projekts\calc\LTOP\000x\Name_des_Projekts_LTOP.PRNX`

Die Software ResMap, mit der .PRNX-Dateien grafisch dargestellt werden können, wurde in GeoSuite integriert.

Bei jeder Ausführung einer LTOP-Berechnung wird automatisch eine Tab „ResMap“ geöffnet (siehe Abbildung 6 - 16).

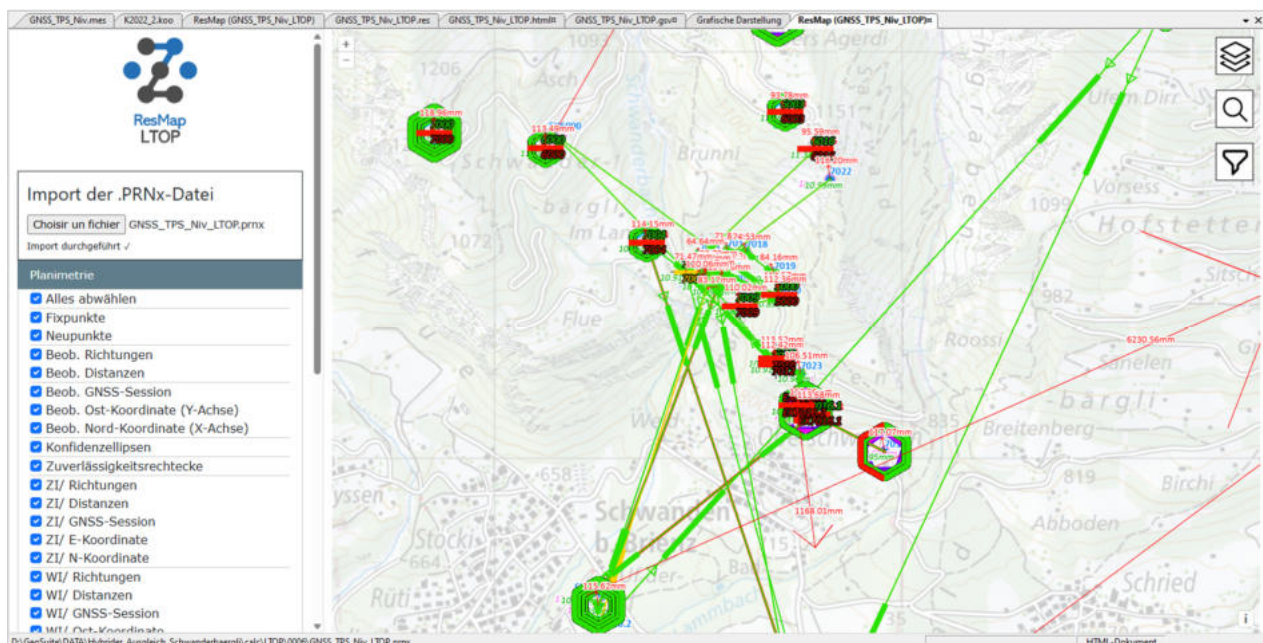


Abbildung 6- 16: ResMap

Der Benutzer hat auch die Möglichkeit, ResMap selbst durch Werkzeuge -> „Resmap – Visualisierung der Ergebnisse von Ausgleichsberechnungen“ oder über die Verknüpfung in der Symbolleiste „Anzeige/Fenster“ zu öffnen (siehe Abbildung 6-17).

Der Benutzer muss dann die gewünschte PRNX-Datei über die Taste „Datei auswählen“ selbst öffnen.



Abbildung 6- 17: Toolbar „Ansicht/Fenster“

Wenn der Benutzer einen Bericht in GeoSuite öffnet, kann er auch die entsprechende PRNX-Datei in ResMap öffnen, indem er auf die Verknüpfung oben auf der HTML-Seite klickt (siehe Abbildung 6 - 18).

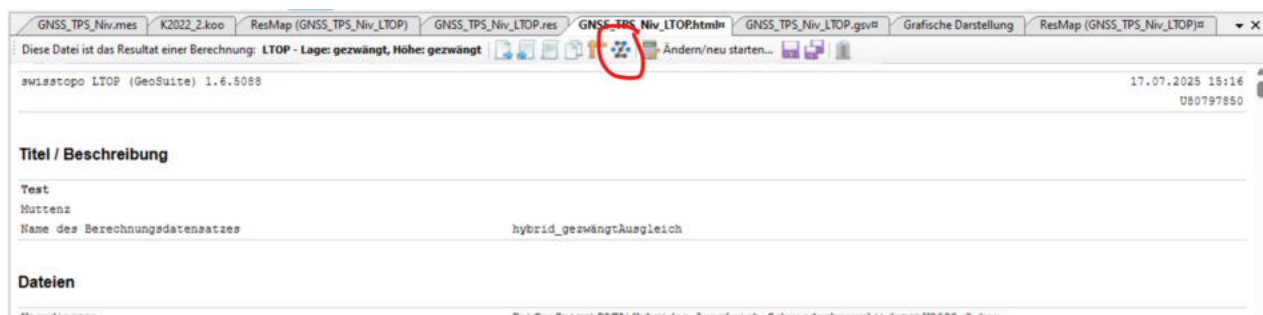


Abbildung 6-18: ResMap aus der HTML-Datei öffnen

Die „klassische“ grafische Darstellung der Ergebnisse ist weiterhin in GeoSuite integriert und erscheint nach Durchführung einer LTOP-Berechnung automatisch unter „Grafische Darstellung“ (siehe Abbildung 6 - 19).

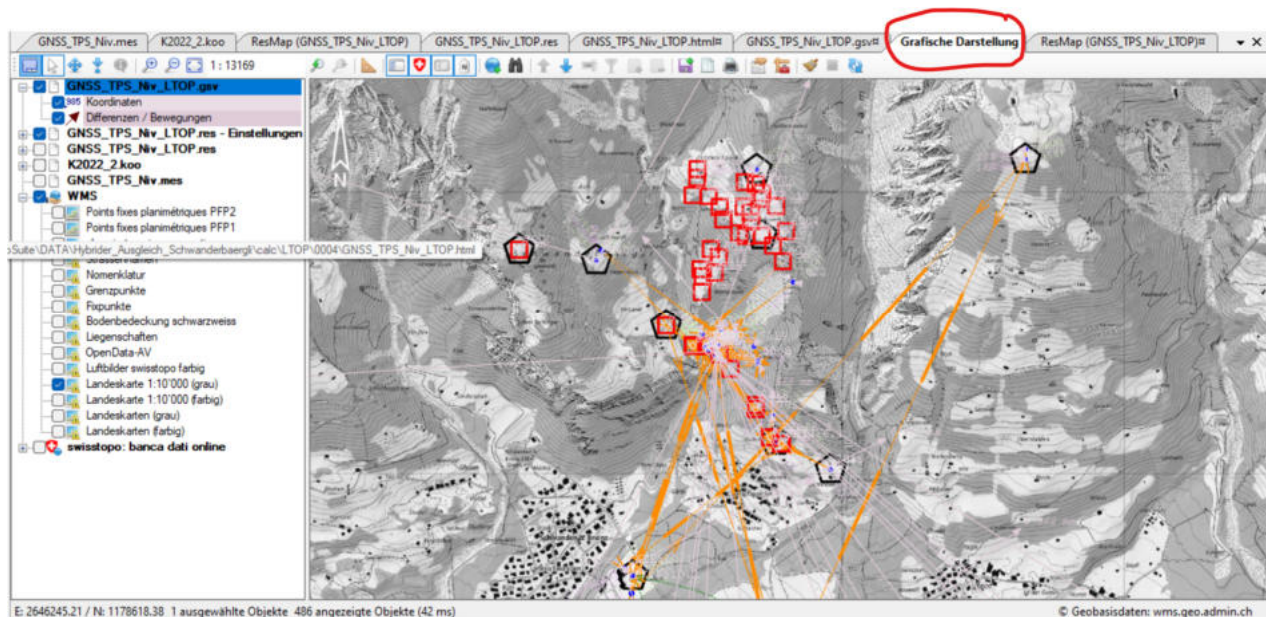


Figure 6- 19: Grafische Darstellung

Die HTML-Seite und ResMap können entweder in einem internen Tab in GeoSuite, wie oben beschrieben, oder in einem externen Browser geöffnet werden.

Dies hängt von der Option „Berichte“ ab, die in den Allgemeinen Optionen -> Berechnungen ausgewählt wurde (siehe Abbildung 6 - 20).

Wählen Sie „Interner Editor“, um die Tabs in GeoSuite zu öffnen, oder wählen Sie mit der Option „Externe Anwendung“ den gewünschten Webbrowser, wenn Sie die HTML-Seite und ResMap außerhalb von GeoSuite öffnen möchten.

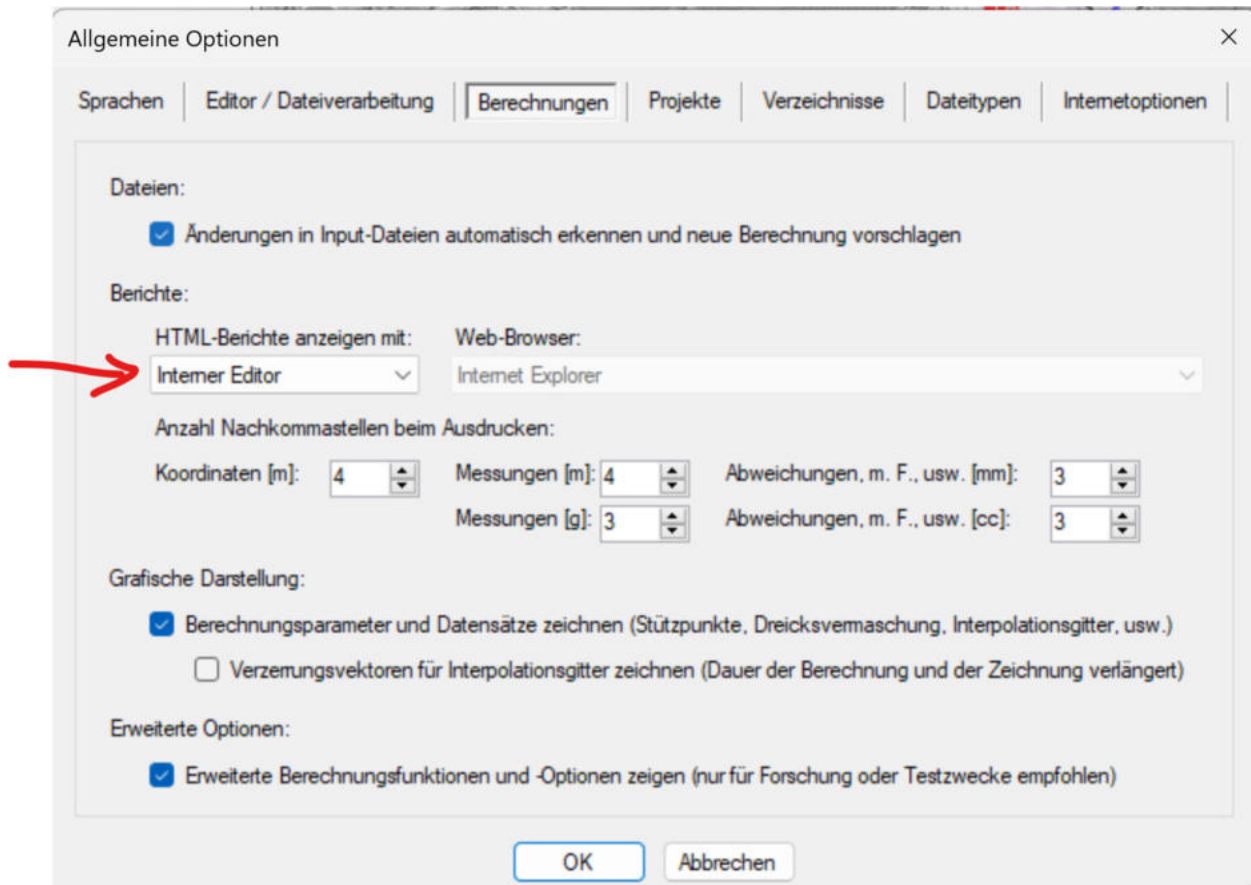


Figure 6- 20: Interner oder externer Browser

6.3 Struktur der LTOP-Steuerdatei (DAT)

Übersetzung folgt

Beschreibung des Inhalts der DAT-Datei.

KA: "Kartentyp", Identifikation für die Parameter einer Zeile in der DAT-Kommandodatei.

Liste der Karten:

[IF – Fichiers input](#)
[OF – Fichiers output](#)
[00 – Titres](#)
[01 – KOOR](#)
[01 – \(RUNDUNG\)](#)
[01 – KAT](#)
[02 – \(LAGEITER\)](#)
[03 – \(HOEHEITE\)](#)
[04 – \(LAGE ABB\)](#)
[05 – \(HOEHEABB\)](#)
[06 – RI](#)
[06 – AZI](#)
[06 – GPS](#)
[06 – \(DIST.GR.\)](#)
[06 – \(MASSSTAB\) ou 06 – \(ADDITION\)](#)
[07 – \(MF RI+AZ\)](#)
[08 – \(DIST.RED\)](#)
[09 – \(MF H.DIS\)](#)
[10 – \(MF HW\)](#)
[11 – \(MF IH-SH\)](#)
[12 – \(REFRAKT\)](#)
[13 – Dénivelées réciproques](#)
[14 – \(KOO.VERZ\)](#)
[14 – PLOT](#)
[15 – \(MATRIZEN\)](#)
[16 – \(PRAEANA.\)](#)
[17 – \(PROGVERS\)](#)
[17 – ELLIPSOI](#)
[17 – ROBUST](#)
[18 – \(I.ZUVERL\)](#)
[18 – FIAB](#)
[20 – \(ORIGIN\)](#)
[21 – PLOT \(première occurrence\)](#)
[21 – PLOT \(seconde occurrence\)](#)
[25 – Epoque](#)
[30 – Point variable en planimétrie](#)
[35 – Point variable en altimétrie](#)
[50 – Ellipse d'erreur relative en planimétrie](#)
[55 – Ellipse d'erreur relative en altimétrie](#)
[60 – Rectangle de fiabilité relatif en planimétrie](#)
[65 – Rectangle de fiabilité relatif en altimétrie](#)
[97 – \(ENDE\)](#)

IF – Fichiers input

Fichiers source séparés par un espace (KOO MES)

Ne pas mettre d'espace dans les noms de fichier pour éviter une mauvaise interprétation.

Typ	KA	space	string	space	string
Wert	IF		FileName.KOO		FileName.MES

Bsp. Text:

IF FileName.KOO FileName.MES

Bsp. GeoSuite:

KA	Fichier de coordonnées source (KOO)	Fichier d'observations source (MES)
IF	FileName.KOO	FileName.MES

OF – Fichiers output

Nom des fichiers destination séparés par un espace (PRN RES IPL)

La carte KA = OF n'est pas gérée par le GUI LTOP de GeoSuite.

Cette carte est utilisée uniquement lors de l'exécution directe de LTOP.exe



Le GUI LTOP prend le même nom que le fichier DAT pour les 3 fichiers output (PRN RES IPL).

Ne pas mettre d'espace dans les noms de fichier pour éviter une mauvaise interprétation.

Typ	KA	space	string	space	string	space	string
Wert	OF		FileName.PRN		FileName.RES		FileName.IPL

Bsp. Text:

OF FileName.PRN FileName.RES FileName.IPL

Bsp. GeoSuite:

KA	Fichier protocole (PRN)	Fichier résultat (RES)	Fichier PLANETZ (IPL)
OF	FileName.PRN	FileName.RES	FileName.IPL

00 – Titres

2 lignes de titre

Typ	KA	string
Wert	00	Ligne titre 1
Wert	00	Ligne titre 2
Länge	2	83
Spalten	1-2	3-85

Bsp. Text:

00Formation module LTOP - GeoSuite

00Calcul nivellement

Bsp. GeoSuite :

KA	Titre
00	Formation module LTOP - GeoSuite
00	Calcul nivellement

01 – KOORD

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>
Typ	KA	string	int	float (4d)	float (4d)	float (4d)	float (4d)	string	string
Standardwert	01	KOORD	0	30.0	30.0	5.0	10.0		
Länge	2	5	1	11	11	6	6	4	4
Spalten	1-2	3-7	17	23-33	35-45	58-63	64-69	71-74	76-79
Dezimalstellen				30-33	42-45	60-63	66-69		

- KOORD
- Points de rattachement comme observations
 - 0 : non (planimétrie) / non (altimétrie)
 - 1 : oui / non
 - 2 : non / oui
 - 3 : oui / oui
- Erreur moyenne a priori des points de rattachement [mm] - planimétrie
- Erreur moyenne a priori des points de rattachement [mm] - altimétrie
- Erreur moyenne a priori des coordonnées GNSS [mm] – planimétrie
- Erreur moyenne a priori des coordonnées GNSS [mm] – altimétrie
- Epoque de référence pour la planimétrie (points de rattachement comme observations)
- Epoque de référence pour l'altimétrie (points de rattachement comme observations)

Bsp. Text :

01KOORD 0 30 30 5 10

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Ratt. comme obs.	E.m. ratt. plan. [mm]	E.m. ratt. alt. [mm]	E.m. GPS plan. [...]	E.m. GPS alt. [mm]	Epoque réf. plan.	Epoque réf. altim.
01	KOORD	0	30.00	30.00	5.00	10.00		

01 – (RUNDUNG)

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Typ	KA	string	int	float (4d)
Standardwert	01	RUNDUNG	4	3.0
Länge	2	7	1	11
Spalten	1-2	3-9	17	29-39
Dezimalstellen				36-39

- RUNDUNG ou « vide »
- Arrondi dans l'output RES (nombre de décimales en [m])
 - 0 - 4
- Erreur de centrage au point de station [mm]

Bsp. Text :

01RUNDUNG 4 3

Bsp. GeoSuite :

Description	Arrondi output (RES)	Err. centr. st. [mm]
RUNDUNG	4	3.00

01 – KAT

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Typ	KA	string	int	int
Standardwert	01	KAT	0	0

Länge	2	3	1	1
Spalten	1-2	3-5	17	29

- a. KAT
- b. Fiabilité REMO – niveau de tolérance
 - 0 : (aucune)
 - 1 - 5
- c. Fiabilité REMO – catégorie de point
 - 0 (aucune)
 - 1 : PFP1
 - 2 : PFP2
 - 3 : PFP3
 - 6 : PFA2
 - 7 : PFA3

Bsp. Text :

01KAT 0 0

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Fiabilité: NT	Fiabilité: cat. pt
01	KAT	0	0

02 – (LAGEITER)

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>
Typ	KA	string	int
Standardwert	02	LAGEITER	1
Länge	2	8	2
Spalten	1-2	3-10	16-17

- a. LAGEITER ou « vide »
- b. Nombre d'itérations pour l'amélioration des coordonnées provisoires – planimétrie

Bsp. Text :

02LAGEITER 10

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Nb itérations planim.
02	LAGEITER	10

03 – (HOEHEITE)

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>
Typ	KA	string	int
Standardwert	03	HOEHEITE	1
Länge	2	8	2
Spalten	1-2	3-10	16-17

- a. HOEHEITE ou « vide »
- b. Nombre d'itérations pour l'amélioration des coordonnées provisoires - altimétrie

Bsp. Text:

03HOEHEITE 10

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Nb itérations altim.
03	HOEHEITE	10

04 – (LAGE ABB)

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>
Typ	KA	string	float (4d)
Standardwert	04	LAGE ABB	20.0
Länge	2	8	11
Spalten	1-2	3-10	11-21
Dezimalstellen			18-21

- LAGE_ABB ou « vide »
- Critère d'interruption pour l'amélioration itérative des coordonnées provisoires [mm] – planimétrie

Bsp. Text:

04LAGE ABB 01

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Crit. inter. plan. [mm]
04	LAGE ABB	0.10

05 – (HOEHEABB)

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>
Typ	KA	string	float (4d)
Standardwert	05	HOEHEABB	20
Länge	2	8	11
Spalten	1-2	3-10	11-21
Dezimalstellen			18-21

- HOEHEABB ou « vide »
- Critère d'interruption pour l'amélioration itérative des coordonnées provisoires [mm] – altimétrie

Bsp. Text:

05HOEHEABB 01

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Crit. inter. alt. [mm]
05	HOEHEABB	0.10

06 – RI

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Typ	KA	string	string	float (2d)
Standardwert	06	RI		2
Länge	2	2	1	9
Spalten	1-2	3-4	17	23-31
Dezimalstellen				30-31

- RI
- Nom de groupe de directions.
80 caractères possibles :

- **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * : ; < = > ? @ _ | ~ + -**
- c. Erreur moyenne générale des directions [cc]

Bsp. Text :

06RI M 15

06RI N 2

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Nom groupe dir...	Err. moy. dir. [cc]
06	RI	M	1.50
06	RI	N	2.00

06 – AZI

Attribut		a	b	c	d
Typ	KA	string	string	string	float (2d)
Wert	06	AZI			
Länge	2	3	1	1	9
Spalten	1-2	3-5	17	29	35-43
Dezimalstellen					42-43

- a. AZI
- b. Nom du groupe de gisements/azimuts
80 caractères possibles :
• **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * : ; < = > ? @ _ | ~ + -**
- c. Nom d'inconnue d'orientation du groupe
80 caractères possibles :
• **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * : ; < = > ? @ _ | ~ + -**
- d. Erreur moyenne des gisements/azimuts du groupe [cc]

Bsp. Text:

06AZI a 1 25

06AZI b 1 15

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Nom groupe gi...	Inc. orient.	Err. moy. gis. [cc]
06	AZI	a	1	2.50
06	AZI	b	1	1.50

06 – GPS

Attribut		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Typ	KA	string	string	string	string	string	string	string	string	string	string
Standardwert	06	GPS									
Länge	2	3	7	2	2	2	2	1	2	2	1
Spalten	1-2	3-5	14-20	28-29	40-41	58-59	64-65	70	73-74	78-79	80

- a. GPS
- b. Nom de combinaison de paramètres
- c. Numéro de la translation selon l'axe Y (Est)
 - 1-99 : numéro du paramètre de transformation correspondant
 - « 0 », « - », « / » : le paramètre n'est pas calculé

- « = » : le paramètre de même numéro dans la session précédente sera appliqué à la session courante (si défini / non nul)
 - « + » : le numéro du paramètre correspondant dans la session précédente est incrémenté de 1 (si défini / non nul)
- d. Numéro de la translation selon l'axe X (Nord)
Valeurs identiques à c)
 - e. Numéro de la rotation autour d'un axe vertical
Valeurs identiques à c)
 - f. Numéro du facteur d'échelle planimétrique
Valeurs identiques à c)
 - g. Numéro de la translation selon l'axe H (élévation)
Valeurs identiques à c) sauf numéro du paramètre : **1-9**
 - h. Numéro du basculement autour de l'axe X (Nord)
Valeurs identiques à c)
 - i. Numéro du basculement autour de l'axe Y (Est)
Valeurs identiques à c)
 - j. Numéro du facteur d'échelle altimétrique
Valeurs identiques à c) sauf numéro du paramètre : **1-9**

Bsp. Text:

06GPS ANF. 1 1 1 1 1 1 1 1
 06GPS FORT + + = = + = =

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Nom	N° translation Y	N° translation X	N° rot. axe vertical	N° échelle planim.	N° translation H	N° rotation Y	N° rotation X	N° échelle altim.
06	GPS	ANF.	1	1	1	1	1	1	1	
06	GPS	FORT	+	+	=	=	+	=	=	

06 – (DIST.GR.)

Attribut		a	b	c	d	e	f	g	h
Typ	KA	string	string	string	string	float (4d)	string	float (4d)	float (4d)
Standardwert	06	DIST.GR.		vide	vide				
Länge	2	8	1	1	1	11	8	6	6
Spalten	1-2	3-10	17	28	29	35-45	50-57	58-63	64-69
Dezimalstellen						42-45		60-63	66-69

- a. DIST.GR. ou « vide »
- b. Nom du groupe de distances
80 caractères possibles :
• **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * : ; < = > ? @ _ | ~ + -**
- c. Nom de la constante d'addition
80 caractères possibles :
• **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * : ; < = > ? @ _ | ~ + -**
- d. Nom de la constante de correction d'échelle
80 caractères possibles :
• **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * : ; < = > ? @ _ | ~ + -**
- e. Coefficient A [mm]
- f. Brève description de l'instrument ou de la méthode de mesure
Pos. 50, longueur 8, string
- g. Coefficient B [mm/km]
- h. Coefficient C [mm/km²]

Bsp. Text:

06DIST.GR. 1 2 MESSBAND300.00 0
 06DIST.GR. 2 1 2M-BASIS10 2500.0

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Nom groupe distances	Nom cste addition	Nom corr. échelle	Coeff. A [mm]	Descr. instrument	B [mm/km]	C [mm/km²]
06	DIST.GR.	1			2.00	MESSBAND	300.00	0.00
06	DIST.GR.	2			1.00	2M-BASIS	10.00	2500.00

06 – (MASSSTAB) ou 06 – (ADDITION)

Il existe 3 possibilités:

Correction d'échelle et constante d'addition:

Attribut		a	b	c	d	e	f
Typ	KA	string	int	string	string	float (2d)	float (2d)
Standardwert	06		100				
Länge	2	8	3	1	1	9	4
Spalten	1-2	3-10	15-17	28	29	35-43	58-61
Dezimalstellen						42-43	60-61

Uniquement la constante d'addition:

Attribut		a	b	c	f
Typ	KA	string	int	string	float (2d)
Standardwert	06	ADDITION	100		
Länge	2	8	3	1	4
Spalten	1-2	3-10	15-17	28	58-61
Dezimalstellen					60-61

Uniquement la correction d'échelle:

Attribut		a	b	d	e
Typ	KA	string	int	string	float (2d)
Standardwert	06	MASSSTAB	100		
Länge	2	8	3	1	9
Spalten	1-2	3-10	15-17	29	35-43
Dezimalstellen					42-43

- MASSSTAB ou ADDITION ou « vide »
- 100
- Nom de la constante d'addition
80 caractères possibles :
• **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * ; , < = > ? @ _ | ~ + -**
- Nom de la correction d'échelle
80 caractères possibles :
• **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * ; , < = > ? @ _ | ~ + -**
- Correction d'échelle [mm/km]
- Constante d'addition [mm]

Bsp. Text:

06 100 ab 10 25

Bsp. GeoSuite :

KA	Description		Nom cste add.	Nom corr. éch.	C. éch. [mm/km]	Cste add. [mm]
06		100	a	b	10.00	2.5000

07 – (MF RI+AZ)

Attribut		a	b	c
----------	--	---	---	---

Typ	KA	string	float (4d)	float (4d)
Standardwert	07	MF RI+AZ	7	2
Länge	2	8	11	11
Spalten	1-2	3-10	11-21	23-33
Dezimalstellen			18-21	30-33

- MF_RI+AZ ou « vide »
- Erreur moyenne générale des directions [cc]
- Erreur moyenne générale des gisements/azimuts [cc]

Bsp. Text:

07MF RI+AZ 7 2

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Err. moy. gén. dir. [cc]	E.m. gis./azi. [cc]
07	MF RI+AZ	7.0000	2.0000

08 – (DIST.RED)

Attribut		a	b	c	d	e	f
Typ	KA	string	float (2d)	string	float (2d)	string	float (2d)
Standardwert	08	DIST.RED	5	0	5		0
Länge	2	8	9	1	9	8	4
Spalten	1-2	3-10	11-19	29	35-43	50-57	58-61
Dezimalstellen			18-19		42-43		60-61

- DIST.RED ou « vide »
- Erreur moyenne générale des distances – coefficient A [mm]
- Réduction des distances à l'aide des altitudes uniquement
 - 0 ou « vide » : non
 - 1 : oui
- Erreur moyenne générale des distances – coefficient B [mm/km]
- Erreur moyenne générale des distances – brève description de la méthode de mesure
- Erreur moyenne générale des distances – coefficient C [mm/km²]

Bsp. Text:

08DIST.RED 5 0 5 0

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Coefficient A	Réd. avec alt.	Coeff. B	Instrument	Coeff. C
08	DIST.RED	5.00	0	5.00		0.00

09 – (MF H.DIS)

Attribut		a	b	c
Typ	KA	string	float (4d)	float (4d)
Standardwert	09	MF H.DIS	14	28
Länge	2	8	11	11
Spalten	1-2	3-10	11-21	23-33
Dezimalstellen			18-21	30-33

- MF_H.DIS ou « vide »
- Erreur moyenne pour la distance vers les points normalement signalés [mm]
- Erreur moyenne pour la distance vers des points inaccessibles [mm]

Bsp. Text:

09MF H.DIS 14 28

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	E.m. dist. pt signalé [...]	E.m. dist. pt inac. [...]
09	MF H.DIS	14.00	28.00

10 – (MF HW)

Attribut		a	b
Typ	KA	string	float (4d)
Standardwert	10	MF HW	10
Länge	2	5	11
Spalten	1-2	3-7	11-21
Dezimalstellen			18-21

- MF_HW ou « vide »
- Erreur moyenne a priori sur l'angle vertical [cc]

Bsp. Text:

10MF HW 10

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	E. m. angle vert. [cc]
10	MF HW	10.00

11 – (MF IH-SH)

Attribut		a	b	c
Typ	KA	string	float (4d)	float (4d)
Standardwert	11	MF IH-SH	3.2	10
Länge	2	8	11	11
Spalten	1-2	3-10	11-21	23-33
Dezimalstellen			18-21	30-33

- MF_IH-SH ou « vide »
- Erreur moyenne sur la différence HI-HS vers des points normalement signalés [mm]
- Erreur moyenne sur la différence HI-HS vers des points inaccessibles [mm]

Bsp. Text:

11MF IH-SH 32 10

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	E.m. HI-HS pt signalé...	E.m. HI-HS pt inac....
11	MF IH-SH	3.20	10.00

12 – (REFRAKT)

Attribut		a	b	c
Typ	KA	string	float (4d)	float (4d)
Standardwert	12	REFRAKT	0.13	0.06
Länge	2	7	11	11
Spalten	1-2	3-9	11-21	23-33

Dezimalstellen			18-21	30-33
----------------	--	--	-------	-------

- REFRAKT ou « vide »
- Coefficient de réfraction
- Erreur moyenne du coefficient de réfraction

Bsp. Text:

12REFRAKT 013 006

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Coeff. refraction	E.m. coeff. réfraction
12	REFRAKT	0.130	0.060

13 – Dénivelées réciproques

Attribut		a	b	c	d
Typ	KA		float (4d)	float (4d)	string
Standardwert	13		1.732	0.0	2
Länge	2		11	11	1
Spalten	1-2		11-21	23-33	41
Dezimalstellen			18-21	30-33	

- « vide »
- Facteur pour une détermination altimétrique non réciproque
- Erreur moyenne de groupe pour des dénivelées obtenues par nivellement [mm]
- Traitement des dénivelées réciproques
 - 0 (m) : les dénivelées réciproques sont moyennées (puis traitées comme dans les premières versions de LTOP).
 - 1 (e) : Toutes les observations altimétriques sont traitées comme des observations non réciproques. Les erreurs moyennes sont alors toutes à multiplier par le facteur prévu pour les observations non réciproques.
 - 2 (g) : les observations réciproques sont traitées séparément, mais présentées sur des lignes consécutives.

Bsp. Text:

13 1732 0 2

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Fact. dét. alt. non réc.	E.m. gr. nivell. [mm]	Trait. déniv. récipr.
13		1.7320	0.00	2

14 – (KOO.VERZ)

Attribut		a	b	c	d	e	f	g
Typ	KA	string	string	string	string	string	string	string
Standardwert	14	KOO.VERZ	0	0	0	« vide »	0	0
Länge	2	8	1	1	1	8	1	1
Spalten	1-2	3-10	17	29	41	50-57	59	65
* GUI GeoSuite	14	KOO.VERZ	2	2	1	« vide »	1	1

* La carte **14KOO.VERZ** n'est pas lue par la nouvelle interface LTOP de GeoSuite.

Quelles que soient les valeurs en entrée, les valeurs enregistrées dans le DAT utilisé pour le calcul sont les valeurs suivantes :

KA	Description	Fichier résultats	Reg. coord.	Reg. c. approch.	Note	Impr. param.	Impr. q. GNSS
14	KOO.VERZ	2	2	1		1	1

- a. KOO.VERZ ou « vide »
- b. Sauvegarde du fichier des résultats
 - 0 (N) : le fichier résultats (RES) n'est pas sauvegardé
 - 1 (af) : fichier créé dans l'ancien format
 - 2 (nf) : fichier créé dans le nouveau format
- c. Registre des coordonnées
 - 0 : pas de registre supplémentaire
 - 1 : le registre ne contient que les points vers lesquels des observations ont été effectuées
 - 2 : le registre contient tous les points
- d. Registre des coordonnées approchées
 - 0 (non) : les coordonnées provisoires ne sont pas imprimées
 - 1 (oui) : les coordonnées provisoires sont imprimées dans le fichier protocole
- e. Note à propos des coordonnées
Ce champ n'est utilisé/imprimé nulle part
- f. Impression des paramètres de commande utilisés
 - 0 (non) : les paramètres de commande ne sont imprimés qu'en présence de messages d'erreur
 - 1 (oui) : les paramètres de commande sont toujours imprimés
- g. Impression des quotients d'erreurs moyennes des sessions GNSS
 - 0 (non) : les quotients d'erreurs moyennes ne sont pas imprimés
 - 1 (oui) : le quotient d'erreur moyenne est calculé pour chaque session GNSS et imprimé dans l'abris

14 – PLOT

La carte KA = 14PLOT n'est pas gérée par le GUI LTOP.

En utilisant le GUI LTOP, GeoSuite gère lui-même la représentation graphique.

Cette carte est utilisée uniquement lors de l'exécution directe de LTOP.exe



Attribut		a	b	c	d	e	f	g	h
Typ	KA	string	string	string	float (4d)	string	float (4d)	float (1d)	float (1d)
Standardwert	14	PLOT	0	« vide »	0	0	0	0	0
Länge	2	4	1	7	11	1	6	5	5
Spalten	1-2	3-6	17	23-29	35-45	59	64-69	71-75	76-80
Dezimalstellen			18-21		42-45		66-69	75	80

- a. PLOT
- b. Dessin de canevas
 - 0 : non (dessin du canevas planimétrique) / non (dessin du canevas altimétrique)
 - 1 : oui / non
 - 2 : non / oui
 - 3 : oui / oui
- c. Echelle du dessin
 - Vide = automatique
 - Valeur désirée de l'échelle (dénominateur, par. ex. « 25000 » pour « 1 : 25000 »)
- d. Direction du Nord du dessin
 - 0 : Nord vers le haut
 - -1 : sélection automatique de l'orientation la plus favorable du dessin
 - angle de rotation [g], dans le sens des aiguilles d'une montre
- e. Dessin des visées
 - 0 : les visées ne sont pas représentées sur le dessin
 - 1 : représentation des visées
- f. Echelle des vecteurs de déplacement
 - 0 ou vide : les vecteurs de déplacement ne sont pas représentés
 - Echelle pour la représentation des vecteurs de déplacement (dénominateur, par. ex. « 10 » pour « 1 : 10 », « 0.1 » pour « 10 : 1 »)
- g. Echelle pour les ellipses d'erreur
 - 0 ou vide : les ellipses d'erreur ne sont pas représentées

- Echelle pour la représentation des vecteurs de déplacement (dénominateur, par. ex. « 10 » pour « 1 : 10 », « 0.1 » pour « 10 : 1 »)
- h. Distance entre points du dessin
- 0 : tous les points sont représentés
 - Distance minimale entre points représentés [mm]

15 – (MATRIZEN)

Attribut		a	b	c
Typ	KA	string	string	string
Standardwert	15	MATRIZEN	0	0
Länge	2	8	1	1
Spalten	1-2	3-10	17	29

- a. MATRIZEN ou « vide »
- b. Impression des matrices de variance/covariance (Qxx) et d'équations normales (N) dans le protocole
- 0 : non (matrices de variance/covariance Qxx) / non (matrices d'équations normales N)
 - 1 : oui / non
 - 2 : non / oui
 - 3 : oui / oui
- c. Création d'un fichier contenant la matrice des équations aux erreurs (coefficients, A)
- 0 : non (pas de création de fichier pour la matrice des équations aux erreurs)
 - 1 : oui (la matrice des coefficients (A) est stockée dans le fichier « A_MATR »)

Bsp. Text:

15MATRIZEN 0 0

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Impr. Qxx et N	Fichier mat. A
15	MATRIZEN	0	0

16 – (PRAEANA.)

Attribut		a	b
Typ	KA	string	string
Standardwert	16	PRAEANA.	0
Länge	2	8	1
Spalten	1-2	3-10	17

- a. PRAEANA. ou « vide »
- b. Calcul de préanalyse
- 0 : non (préanalyse pour la compensation planimétrique) / non (préanalyse pour la compensation altimétrique)
 - 1 : oui / non
 - 2 : non / oui
 - 3 : oui / oui

Bsp. Text:

16PRAEANA. 0

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Préanalyse
16	PRAEANA.	0

17 – (PROGVERS)

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
Typ	KA	string	string	string	string	string
Standardwert	17	PROGVERS	4	0	0	62
Länge	2	8	1	1	1	2
Spalten	1-2	3-10	17	29	41	58-59

- a. (PROGVERS) ou « vide »
- b. Version du programme
 - 1 : mesures de déformation, sans réduction à la corde des gisements, impression des observations planimétriques et altimétriques en cc/10 et mm/10, impression des coordonnées en mm/10. Ellipses de confiance à 95%.
 - 2 : mesures de déformation, sans réduction à la corde des gisements, impression des observations planimétriques et altimétriques en cc/10 et mm/10, impression des coordonnées en mm/10. Ellipses d'erreur moyenne (68%).
 - 3 : PFP1, avec réduction à la corde des gisements, impression des observations planimétriques en cc/10 et mm et altimétriques en cc et mm, impression des coordonnées en mm. Ellipses d'erreur moyenne (68%).
 - 4 : PFP2 et PFP3 : sans réduction à la corde des gisements, impression des observations planimétriques et altimétriques en cc et mm, impression des coordonnées en mm. Ellipses d'erreur moyenne (68%).
 - 5 : mesures de déformation : avec réduction à la corde des gisements, impression des observations planimétriques et altimétriques en cc/10 et mm/10, impression des coordonnées en mm/10. Ellipses d'erreur moyenne (68%).
- c. Utilisation de la déviation de la verticale et des cotes du géoïde
 - 0 : non (prise en compte de la déviation de la verticale et de la cote du géoïde dans la compensation planimétrique) / non (prise en compte dans la compensation altimétrique)
 - 1 : oui / non
 - 2 : non / oui
 - 3 : oui / oui
- d. Langue des textes des fichiers output
 - 0 (d) : allemand
 - 1 (f) : français
 - 2 (i) : italien
 - 3 (e) : anglais
- e. Nombre de lignes par page dans le fichier protocole

Bsp. Text:

17PROGVERS 4 0 0 62

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Version programme	Dév. vert./géoïde	Langue output	Lignes/page prot.
17	PROGVERS	4	0	0	62

17 – ELLIPSOI

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
Typ	KA	string	string	float (4d)	int - float	string
Standardwert	17	ELLIPSOI	0	6377397.1550	6674372231	CH
Länge	2	8	1	11	11	10
Spalten	1-2	3-10	17	23-32	35-45	49-58
Dezimalstellen				29-32		

- a. ELLIPSOI
- b. Choix du système de projection ou calcul sur l'ellipsoïde
 - 0 : compensation dans un système de projection (défini en e)
 - 1 : compensation sur l'ellipsoïde (défini en c/d)
- c. Demi grand-axe de l'ellipsoïde de référence (a) [m]
- d. Carré de la première excentricité de l'ellipsoïde de référence (e^2) multiplié par 100
- e. Système de projection de la compensation
Standardwert : CH
 - CH : système de projection suisse
 - C1 : comme CH, calculé avec les nouvelles routines (version test)
 - AL : système de projection albanais
 - D2, D3, D4, D5, D6 : système de projection allemand, zones 2 à 6
 - F1, F2, F2E, F3, F4 : système de projection français (Lambert), zones 1 à 4 et 2 étendu
 - HR5, HR6, HR7 : système de projection croate
 - LUX : système de projection du Luxembourg
 - RGF93 : système de projection français
 - UTM30, UTM31, UTM32 : système de projection UTM, zones 30 à 32

Bsp. Text:

17ELLIPSOI 0 6377397155 66743722310 CH

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Projection ou ellips.	1/2 gd-axe ell. a [m]	1e exc. ellips. e^2	Système proj.
17	ELLIPSOI	0	6377397.1550	0.0066743722310	CH

17 – ROBUST

Attribut		a	b	c
Typ	KA	string	float (2d)	float (2d)
Standardwert	17	ROBUST	2.5	2.5
Länge	2	6	9	9
Spalten	1-2	3-8	11-19	23-31
Dezimalstellen			18-19	30-31

- a. ROBUST
- b. Valeur limite de la compensation robuste en planimétrie
 - 0 : compensation médiate (non robuste)
 - Valeur limite (C_{rob}) pour la planimétrie
- c. Valeur limite de la compensation robuste en altimétrie
 - 0 : compensation médiate (non robuste)
 - Valeur limite (C_{rob}) pour l'altimétrie

Bsp. Text:

17ROBUST 25 25

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Val. lim. robuste plani.	Val. lim. robuste alti.
17	ROBUST	2.50	2.50

18 – (I.ZUVERL)

Attribut		a	b	c	d	e	f
Typ	KA	string	float (4d)	float (4d)	float (4d)	float (1d)	float (1d)
Standardwert	18	I.ZUVERL	3.5	5.0	3.5	5.0	20

Länge	2	8	11	11	6	5	5
Spalten	1-2	3-10	23-33	35-45	64-69	71-75	76-80
Dezimalstellen			30-33	42-45	66-69	75	80

- I.ZUVERL ou « vide »
- Valeur limite de l'écart résiduel normé w_i pour la compensation planimétrique
- Probabilité d'une erreur de 2^{ème} Typ β pour la compensation planimétrique [%]
 - 0-100** : taux de probabilité d'une erreur de 2^{ème} Typ pour la planimétrie
- Valeur limite de l'écart résiduel normé w_i pour la compensation altimétrique
- Probabilité d'une erreur de 2^{ème} Typ β pour la compensation altimétrique [%]
 - 0-100** : taux de probabilité d'une erreur de 2^{ème} Typ pour l'altimétrie
- Valeur limite du test global du modèle Chi carré [%], pour la planimétrie et l'altimétrie
 - 0-100** : valeur limite du test global du modèle χ^2

Bsp. Text:

18I.ZUVERL 35 5 35 5 20

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Limite w_i planimétrie	Err. 2e type plani. [...]	Limite w_i altim.	Err. 2e type alti. [...]	Limite χ^2 [%]
18	I. ZUVERL	3.50	5.0	3.50	5.0	20.0

18 – FIAB

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Typ	KA	string	string	float (4d)
Standardwert	18	FIAB	2	0
Länge	2	4	1	11
Spalten	1-2	3-6	17	23-33
Dezimalstellen				30-33

- FIAB
- Calcul de la fiabilité externe
 - 0 (n) : pas de calcul
 - 1 (g) : seule la plus grande influence NA et le gisement de NA sont calculés pour chaque point variable
 - 2 (A) : tous les éléments du rectangle de fiabilité sont déterminés pour chaque point variable
- Dessin des rectangles de fiabilité
 - 0 : les rectangles de fiabilité ne sont pas représentés
 - Echelle pour la représentation des rectangles de fiabilité (dénominateur, par. ex. « 10 » pour « 1 : 10 », « 0.1 » pour « 10 : 1 »)

Bsp. Text:

18FIAB 2 0

Bsp. GeoSuite :

KA	Description	Calcul fiabilité externe	Dessin rect. fiabilité
18	FIAB	2	0.0

20 – (ORIGIN)

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>D</i>
Typ	KA	string	float (4d)	float (4d)	float (4d)
Standardwert	20	ORIGIN	2600000	1200000	0
Länge	2	8	11	11	11
Spalten	1-2	3-10	11-21	23-33	35-45

Dezimalstellen			18-21	30-33	42-45
----------------	--	--	-------	-------	-------

- a. Nom du point fondamental
 - NULLBERN : ancien observatoire astronomique de Berne
 - Nom du point fondamental
 - « vide »
- b. Coordonnée Y (Est) du point fondamental [m]
- c. Coordonnée X (Nord) du point fondamental [m]
- d. Altitude de référence [m]

Bsp. Text:

20NULLBERN2600000 1200000 0

Bsp. GeoSuite :

KA	Nom pt fond.	Coord. Y pt fond. [m]	Coord. X pt fond. [m]	Altitude réf. [m]
20	NULLBERN	2600000.0000	1200000.0000	0.0000

21 – PLOT (première occurrence)

La carte KA 21 n'est pas gérée par le GUI LTOP de GeoSuite.

En utilisant le GUI LTOP, GeoSuite gère lui-même la représentation graphique.

Cette carte est utilisée uniquement lors de l'exécution directe de LTOP.exe



Attribut		a	b	C
Typ	KA	string	float (4d)	float (4d)
Standardwert	21	PLOT	« vide »	« vide »
Länge	2	4	11	11
Spalten	1-2	3-6	11-21	24-34
Dezimalstellen			18-21	31-34

Extrait de canevas : coordonnées du 1^{er} coin de la fenêtre

- a. PLOT
- b. Coordonnée [m] suivant l'axe Y (Est) du 1^{er} coin de la fenêtre
 - Vide : pas d'extrait
 - Coordonnée Y [m]
- c. Coordonnée [m] suivant l'axe X (Nord) du 1^{er} coin de la fenêtre
 - Vide : pas d'extrait
 - Coordonnée X [m]

21 – PLOT (seconde occurrence)

La carte KA 21 n'est pas gérée par le GUI LTOP de GeoSuite.

En utilisant le GUI LTOP de GeoSuite, GeoSuite gère lui-même la représentation graphique.

Cette carte est utilisée uniquement lors de l'exécution directe de LTOP.exe



Attribut		a	b	c
Typ	KA	string	float (4d)	float (4d)
Standardwert	21	PLOT	« vide »	« vide »
Länge	2	4	11	11
Spalten	1-2	3-6	11-21	24-34
Dezimalstellen			18-21	31-34

Extrait de canevas : coordonnées du 2^{ème} coin de la fenêtre

- a. PLOT

- b. Coordonnée [m] suivant l'axe Y (Est) du 2^{ème} coin de la fenêtre
 - Vide : pas d'extrait
 - Coordonnée Y [m]
- c. Coordonnée [m] suivant l'axe X (Nord) du 2^{ème} coin de la fenêtre
 - Vide : pas d'extrait
 - Coordonnée X [m]

25 – Epoque

Attribut		<i>a</i>
Typ	KA	string
Standardwert	25	
Länge	2	4
Spalten	1-2	3-6

- a. Nom de l'époque de mesure

Bsp. Text:

252016

Bsp. GeoSuite :

KA	Epoque
25	2016

30 – Point variable en planimétrie

Soit vide, soit nom de point:

- (Vide)

Calculer des abris provisoires au lieu d'une compensation planimétrique

Attribut	
Typ	KA
Standardwert	30
Länge	2
Spalten	1-2

Bsp. Text:

30

Bsp. GeoSuite :

KA	Nom pt variable plan.	Type/époque pt var. p.
30		

- Nom de point

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>
Typ	KA	string	string
Standardwert	30		
Länge	2	10	4
Spalten	1-2	3-12	13-16

- a. Nom de point variable en planimétrie
- b. Typ/époque du point variable en planimétrie

Bsp. Text:

304020

304030

Bsp. GeoSuite :

KA	Nom pt variable plan.	Type/époque pt var. p.
30	4020	
30	4030	

35 – Point variable en altimétrie

Soit vide, soit nom de point:

- (Vide)

Calculer des abriss provisoires au lieu d'une compensation altimétrique

Attribut	
Typ	KA
Standardwert	35
Länge	2
Spalten	1-2

Bsp. Text:

35

Bsp. GeoSuite :

KA	Nom pt variable alt.	Type/époque pt var. a.
35		

- Nom de point

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>
Typ	KA	string	string
Standardwert	35		
Länge	2	10	4
Spalten	1-2	3-12	13-16

- Nom de point variable en altimétrie
- Typ/époque du point variable en altimétrie

Bsp. Text:

354020

354030

Bsp. GeoSuite :

KA	Nom pt variable alt.	Type/époque pt var. a.
35	4020	
35	4030	

50 – Ellipse d'erreur relative en planimétrie

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Typ	KA	string	string	string	string
Standardwert	50				
Länge	2	10	4	10	4
Spalten	1-2	3-12	13-16	17-26	27-30

- Ellipse d'erreur relative en planimétrie- nom du premier point
- Typ/époque du premier point
- Ellipse d'erreur relative en planimétrie - nom du second point
- Typ/époque du second point

Bsp. Text:

504020 4030

504020 4040

Bsp. GeoSuite :

KA	Nom 1er pt ell. rel.	Type/époque 1er pt	Nom 2e pt ell. rel.	Type/époque 2e pt
50	4020		4030	
50	4020		4040	

55 – Ellipse d'erreur relative en altimétrie

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Typ	KA	string	string	string	string
Standardwert	55				
Länge	2	10	4	10	4
Spalten	1-2	3-12	13-16	17-26	27-30

- Ellipse d'erreur relative en altimétrie- nom du premier point
- Typ/époque du premier point
- Ellipse d'erreur relative en altimétrie - nom du second point
- Typ/époque du second point

Bsp. Text:

554020 4030

554020 4040

Bsp. GeoSuite :

KA	Nom 1er pt ell. rel.	Type/époque 1er pt	Nom 2e pt ell. rel.	Type/époque 2e pt
55	4020		4030	
55	4020		4040	

60 – Rectangle de fiabilité relatif en planimétrie

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Typ	KA	string	string	string	string
Standardwert	60				
Länge	2	10	4	10	4
Spalten	1-2	3-12	13-16	17-26	27-30

- Rectangle de fiabilité relative en planimétrie - nom du premier point
- Typ/époque du premier point
- Rectangle de fiabilité relative en planimétrie - nom du second point
- Typ/époque du second point

Bsp. Text:

604020 4030

604020 4040

Bsp. GeoSuite :

KA	Nom 1er pt rect. rel.	Type/époque 1er pt	Nom 2e pt rect. rel.	Type/époque 2e pt
60	4020		4030	
60	4020		4040	

65 – Rectangle de fiabilité relatif en altimétrie

Attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
----------	--	----------	----------	----------	----------

Typ	KA	string	string	string	string
Standardwert	65				
Länge	2	10	4	10	4
Spalten	1-2	3-12	13-16	17-26	27-30

- e. Rectangle de fiabilité relative en altimétrie - nom du premier point
- f. Typ/époque du premier point
- g. Rectangle de fiabilité relative en altimétrie - nom du second point
- h. Typ/époque du second point

Bsp. Text:

654020 4030

654020 4040

Bsp. GeoSuite :

KA	Nom 1er pt rect. rel.	Type/époque 1er pt	Nom 2e pt rect. rel.	Type/époque 2e pt
65	4020		4030	
65	4020		4040	

97 – (ENDE)

Attribut		a
Typ	KA	string
Standardwert	97	ENDE
Länge	2	4
Spalten	1-2	3-6

Fin du fichier

- a. ENDE ou « vide »

Ex. :

97ENDE

KA	Description
97	ENDE

6.4 Fehlermeldungen

Die meisten vom Programm ausgegebenen Fehlermeldungen erscheinen im Druckfile (bei interaktiver Arbeit

auch am Bildschirm) in der Form:

***** xxxx ***** XXX

Dabei gibt das Feld xxxx einen Code, der die Art des Fehlers angibt. Das XXX...-Feld gibt weitere Erläuterungen.

Fehler beim Einlesen

Ein dreistelliger Code meldet einen Fehler, der beim Einlesen des Files entdeckt wurde. Der Inhalt der fehlerhaften Zeile wird im Feld XXX... angegeben und geht in der Regel sofort verloren.

Die Hunderter geben an, bei welchem Zeilentyp der Fehler gefunden wurde.

- 1.. Titel der Steuerzeile (KA=00 bis 18)
- 2.. Koordinatenverzeichnis (KA=20,21)
- 3.. Neupunktverzeichnis (KA=30,31,35,36)
- 4.. Beobachtungen (KA=40,41,43-47)

- 5.. Relative Fehlerellipsen (KA=50,51)
- 6.. Relative Zuverlässigkeitsrechtecke (KA=60)
- 8.. Nicht verwendete (KA=61 bis 89)
- 9.. Abschlusszeile (KA=94,97)

Die hinteren Stellen geben die Art des Fehlers an:

- .01 Erlaubte Anzahl überschritten
- .02 Falsche KA
- .03 Variante in einer neuen Arbeit
- .04 Die Zeile enthält einen Namen, der im Koordinatenverzeichnis nicht vorkommt (bei Beobachtungszeilen den Stationsnamen).
- .05 Die Beobachtungszeile enthält einen Zielnamen, der im Koordinatenverzeichnis nicht vorkommt.
- .06 Station ohne Beobachtungszeilen
- .07 Kein Koordinatenverzeichnis
- .08 In einer Variante wird versucht, Werte zu ändern, die nicht vorhanden sind.
- .09 In einer Variante sollen die Koordinaten des Fundamentalpunktes verändert werden.
- .10 Auf einer Zeile mit KA=06 wird eine nicht erlaubte Distanzgruppe definiert.
- .11 Eine Zeile mit KA=01 bis 18 ist nicht an der richtigen Stelle.
- .12 Es fehlt mindestens eine Titelzeile.
- .20 Die Koordinaten auf der Zeile mit KA=20 weichen um mehr als 429.496 km von der ersten Koordinatenzeile ab. Die Werte für den Koordinatenursprung werden dann von der ersten Koordinatenzeile übernommen (lokales System).
- .21 Die Koordinaten auf einer späteren Zeile weichen um mehr als 214.748 km von den Mittelwerten aus dem Fundamentalpunkt und der ersten Koordinatenzeile ab. Der Name wird auf ***** geändert, Y und X werden von NULLBERN übernommen.
- 443 Die Azimutkorrekturen für den Messtyp AZ können nicht berechnet werden, weil für das gewählte Projektionssystem die Meridiankonvergenz nicht definiert wurde.
- 444 Das gewählte Land und sein Projektionssystem sind nicht definiert.
- 451 Eine Station weist mehr als 45 Zeilen auf.
- 452 Es werden mehr Messzeilen eingegeben, als von der verwendeten Programmversion verarbeitet werden können.
- 453 Es werden mehr Stationen eingegeben, als von der verwendeten Programmversion verarbeitet werden können.
- 454 Es werden mehr GPS-Sessionen eingegeben, als von der verwendeten Programmversion verarbeitet werden können.
- 455 Es werden mehr GPS-Gruppen definiert, als von der verwendeten Programmversion verarbeitet werden können.
- 456 Es werden in einer GPS-Session mehr Messungen eingegeben, als von der verwendeten Programmversion verarbeitet werden können.
- 460 Ab Version 89 wird die Eingabe der Signalhöhen auf den Koordinatenzeilen nicht mehr unterstützt.
- 960 Ab Version 89 können keine Varianten mehr gerechnet werden.
- 970 Die Abschlusszeile fehlt oder hat eine falsche KA.
- 999 In einer Eingabe kommt ein illegales Zeichen vor, beispielsweise ein Buchstabe in einem Zahlenfeld etc. Möglicherweise konnten nicht alle Daten eingelesen werden.

Fehler bei der Verarbeitung

Hier erscheint jeweils ein vierstelliger Code:

Vorbereitung

1001 Für die gewünschte Azimut- bzw. Distanzgruppe, für die eine Orientierungs-, Massstabs- bzw. Additionsunbekannte verlangt wird, sind keine Beobachtungen vorhanden. Im XXX...-Feld wird die betreffende Gruppe angegeben. Die Unbekannte wird nicht bestimmt.

- 1002 Auf einer Zeile KA=06 wird eine nicht erlaubte Nummer für eine Massstabsunbekannte deklariert. Sie wird weggelassen.
- 1003 Es werden mehr Unbekannte verlangt, als das verwendete Programm verarbeiten kann. Die Massstabsunbekannte der angegebenen Distanzgruppe wird weggelassen.
- 1004 Eine Massstabskorrektur soll einen eingegebenen Wert annehmen. Die Nummer der betreffenden Korrektur fehlt.
- 1005 Es wird eine Distanz > 214 km aus Koordinaten gerechnet.
- 1006 Das verlangte Textfile ist nicht vorhanden.
- 1007 Es wird verlangt, dass Geoidhöhen und Lotabweichungen berücksichtigt werden, im Koordinatenfile fehlen aber diese Angaben.
- 1008 Bei der Distanzreduktion wird ein Punkt mit Höhe Null verwendet. Die Nummer der betreffenden Messzeile wird angegeben.
- 1009 Bei einer Ausgleichung auf dem Ellipsoid weichen die Normalschnittazimute von Stations- und Zielpunkt um mehr als 0.05 rad voneinander ab.
- 1010 Warnung: Die verlangte Rundung der Koordinaten kann die statistischen Tests verfälschen (KA=01).
- 1011 Bei der Ausgleichung auf dem Ellipsoid sind keine Koordinaten im alten Format erlaubt.
- 1012 Im Koordinatenfile fehlt in einer Zeile der Punktname (eventuell steht am Schluss eine leere Zeile).
- 1013 Die Zahl der Stationen ist zu gross. Deshalb können die Koordinaten der Anschlusspunkte nicht als Beobachtungen eingeführt werden.
- 1014 Die Zahl der Messungen ist zu gross. Deshalb können die Koordinaten der Anschlusspunkte nicht als Beobachtungen eingeführt werden.
- 1015 Das Koordinatenfile kann nicht geöffnet werden.
- 1016 Das Messfile kann nicht geöffnet werden.
- 1017 Die erste Zeile im Koordinatenfile kann nicht gelesen werden.
- 1018 Die erste Zeile im Messfile kann nicht gelesen werden.
- 1019 Die erste Zeile im Koordinatenfile ist falsch.
- 1020 Die erste Zeile im Messfile ist falsch.
- 1021 Die Zahl der erlaubten Lage-Neupunkte ist überschritten. Der Punkt mit der angegebenen Nummer kann nicht als Neupunkt berechnet werden.
- 1022 Die Zahl der erlaubten Lageunbekannten ist überschritten. Der Punkt mit der angegebenen Nummer kann nicht als Neupunkt berechnet werden.
- 1023 Die Zahl der erlaubten Höhen-Neupunkte ist überschritten. Der Punkt mit der angegebenen Nummer kann nicht als Neupunkt berechnet werden.
- 1024 Distanzgruppen haben Nummern zwischen 1 und 9.
- 1025 Dieser Messtyp ist nicht erlaubt.
- 1026 Im Messfile wird für eine GPS-Session ein Gruppennamen verlangt, der nicht definiert ist. Es wird die Standard-Gruppe '++00+00' verwendet.
- 1027 Zu viele Gruppen von GPS-Sätzen.
- 1028 Ein Koordinatenfile im neuen Format darf keine Zeilen mit dem Punktnamen 'PLOT' enthalten. Entsprechende Angaben, um den Plot-Ausschnitt zu bestimmen, gehören ins Steuerfile.
- 1029 Zuverlässigkeit für AV93: Die angegebenen Werte sind inkonsistent, der eine ist Null, der andere nicht. Beide werden auf Null gesetzt.

Lageausgleich

- 1100 Entweder fehlen die Koordinaten oder die Beobachtungen.
- 1101 Es werden weder Lage- noch Höhen-Neupunkte eingegeben.
- 1102 Mindestens eine Lageunbekannte ist nicht bestimmt. Eventuell wurde im Neupunktverzeichnis der gleiche Name mehrmals aufgeführt. Im XXX...-Feld ist die Nummer derjenigen Unbekannte angegeben, die nicht bestimmt werden konnte (vgl. Kap. 4.9). Diese Unbekannte bleibt Null.
- 1103 Es wird eine relative Fehlerellipse zu einem Fixpunkt verlangt. Im XXX...-Feld ist die Nummer der betreffenden relativen Fehlerellipsen angegeben.
- 1104 Es wird ein relatives Zuverlässigkeitsrechteck zu einem Fixpunkt verlangt. Im XXX...-Feld ist die Nummer des betreffenden Zuverlässigkeitsrechtecks angegeben.
- 1105 In dieser Variante wird der Lageausgleich nicht durchgeführt, weil der mittlere Fehlerquotient in der vorangehenden Berechnung den Grenzwert überschritten und den im XXX...-Feld angegebenen Wert überschritten hat. Es wird nur der Lageabriss aus Näherungskordinaten gedruckt.
- 1106 Eine Distanz soll aus Höhen reduziert werden, wobei aber die Höhendifferenz grösser ist als die schiefe Distanz. Die Distanz kann nicht richtig reduziert werden.
- 1107 Die Rechenschärfe hat nicht ausgereicht, um im Lageausgleich das definitive Ergebnis und insbesondere den mittleren Fehlerquotienten zu berechnen. Die Ausgleichung muss mit besseren Näherungskordinaten wiederholt werden, oder die Anzahl der erlaubten Iterationen muss erhöht werden.

1108 Die erlaubte Anzahl der Lageunbekannten ist um die angegebene Zahl überschritten. Die letzten Lageunbekannten werden festgehalten.

1110 Robuste Ausgleichung: Die erlaubte Anzahl Iterationen (angegebene Zahl) für die Zuordnung der Beobachtungen zu den korrekten Intervallen ist erreicht. Die Berechnungsverfahren konvergiert nicht. Die Ausgleichung muss mit einem grösseren Grenzwert Crob wiederholt werden.

1111 Robuste Ausgleichung: Die erlaubte Anzahl Iterationen (angegebene Zahl) reicht nicht aus, um für das Berechnungsverfahren der robusten Ausgleichung eine ausreichende Konvergenz zu erreichen. Die Ausgleichung muss mit einer grösseren Anzahl erlaubter Iterationen (KA=02) wiederholt werden. Wird auch bei einer grösseren Anzahl Iterationen keine Konvergenz erreicht, so sind entweder die Näherungskordinaten oder zu viele Beobachtungen grob falsch. In diesem Fall müssen zuerst die Koordinaten oder die Messungen bereinigt werden.

1112 Robuste Ausgleichung: Der Algorithmus konvergiert nicht. Möglicherweise sind die Näherungskordinaten oder zu viele Beobachtungen grob falsch. In diesem Fall müssen zuerst die Koordinaten oder die Messungen bereinigt werden.

1113 Präanalyse: Die robuste Ausgleichung ist in einer Präanalyse nicht sinnvoll.

1114 Präanalyse: Provisorische Abrisse sind in einer Präanalyse nicht sinnvoll.

Höhenausgleich

1200 Es soll eine Höhenrechnung durchgeführt werden; es wurden aber keine Beobachtungen eingegeben

1201 Die Beobachtungszeile mit der im XXX...-Feld angegebenen Nummer weist eine Höhendifferenzmessung, aber keinen mittleren Fehler a priori auf. Er wird als 9999 mm angenommen.

1202 Mindestens eine Höhenunbekannte ist nicht bestimmt. Eventuell wurde im Neupunktverzeichnis der gleiche Name mehrmals aufgeführt. Im XXX...-Feld ist die Nummer derjenigen Unbekannte angegeben, die nicht bestimmt werden konnte (vgl. Kap. 4.9). Diese Unbekannte bleibt Null.

1205 In dieser Variante wird der Höhenausgleich nicht durchgeführt, weil der mittlere Fehlerquotient in der vorangehenden Berechnung den im XXX...-Feld angegebenen Wert erreicht hat und damit den eingegebenen Grenzwert überschritten und. Es wird nur der Höhenabriss aus Näherungshöhen gedruckt.

1207 Die Rechenschärfe hat nicht ausgereicht, um im Höhenausgleich das definitive Ergebnis und insbesondere den mittleren Fehlerquotienten zu berechnen. Die Ausgleichung muss mit besseren Näherungskordinaten wiederholt werden, oder die Anzahl der erlaubten Iterationen muss erhöht werden.

1210 Robuste Ausgleichung: Die erlaubte Anzahl Iterationen (angegebene Zahl) für die Zuordnung der Beobachtungen zu den korrekten Intervallen ist erreicht. Die Berechnungsverfahren konvergiert nicht. Die Ausgleichung muss mit einem grösseren Grenzwert Crob wiederholt werden.

1211 Robuste Ausgleichung: Die erlaubte Anzahl Iterationen (angegebene Zahl) reicht nicht aus, um für das Berechnungsverfahren der robusten Ausgleichung eine ausreichende Konvergenz zu erreichen. Die Ausgleichung muss mit einer grösseren Anzahl erlaubter Iterationen (KA=03) wiederholt werden. Wird auch bei einer grösseren Anzahl Iterationen keine Konvergenz erreicht, so sind entweder die Näherungskordinaten oder zu viele Beobachtungen grob falsch. In diesem Fall müssen zuerst die Koordinaten oder die Messungen bereinigt werden.

1212 Robuste Ausgleichung: Der Algorithmus konvergiert nicht. Möglicherweise sind die Näherungskordinaten oder zu viele Beobachtungen grob falsch. In diesem Fall müssen zuerst die Koordinaten oder die Messungen bereinigt werden.

1213 Robuste Ausgleichung: Da die robuste Lageausgleichung abgebrochen wurde, wird keine Höhenausgleichung durchgeführt.

1214 Rotation um X-Achse > 300 cc, d.h. der Einfluss auf die Lage ist grösser als 10-7.

1215 Rotation um Y-Achse > 300 cc, d.h. der Einfluss auf die Lage ist grösser als 10-7.

1216 Präanalyse: Die robuste Ausgleichung ist in einer Präanalyse nicht sinnvoll.

1217 Präanalyse: Provisorische Abrisse sind in einer Präanalyse nicht sinnvoll.

6.5 Plausibilitätstests

Wenn eine LTOP-Berechnung mithilfe der grafischen Benutzeroberfläche ausgeführt wird (siehe Abbildung 6 - 20), werden eine ganze Reihe von Plausibilitätsprüfungen und Konsistenztests der Parameter durchgeführt.

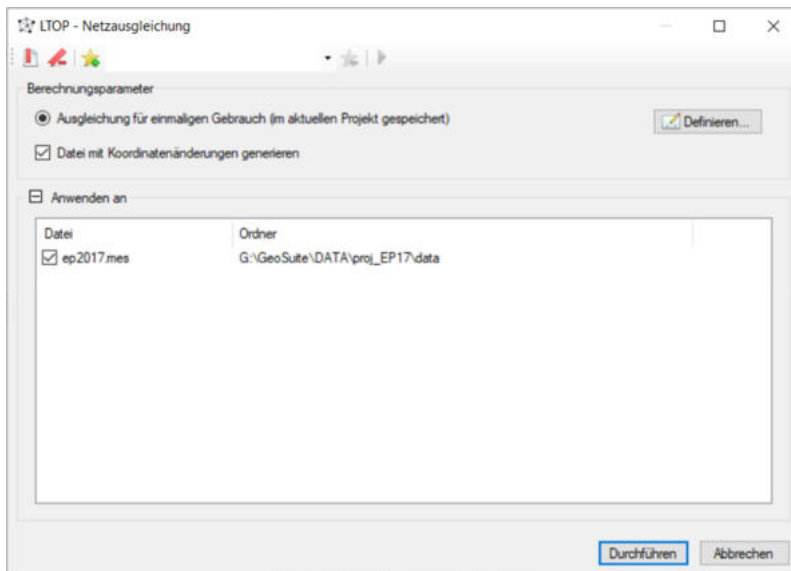


Abbildung 6 - 20: LTOP-Berechnung starten

Es gibt die Möglichkeit, diese von GeoSuite durchgeführten Kontrollen zu deaktivieren, um die LTOP-Berechnung trotzdem mit der gewünschten Konfiguration starten zu können.

Diese Option ist nur für erfahrene Benutzerinnen und Benutzer geeignet. Es besteht ein hohes Risiko, dass die Berechnung nicht korrekt ausgeführt wird, wenn eine Berechnung trotz Warnungen gestartet wird.

Diese Option kann wie folgt aktiviert werden. Die Option "Erweiterte Berechnungsfunktionen und -Optionen zeigen" (siehe Abbildung 6 - 21) über « Werkzeuge – Allgemeine Optionen... – Berechnungen » muss aktiviert sein:

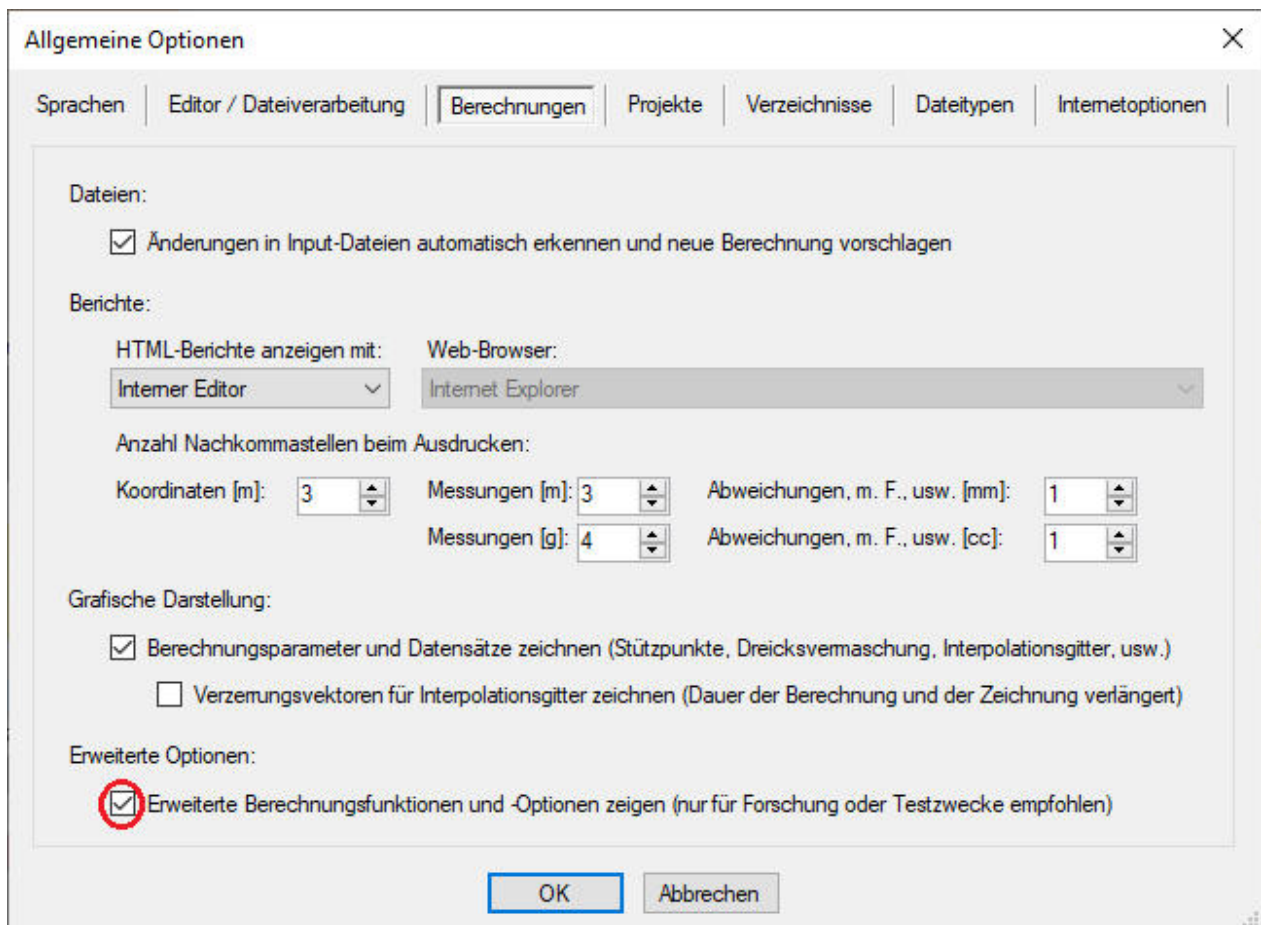


Abbildung 6 - 21: Erweiterte Berechnungsfunktionen und -Optionen zeigen

Die Aktivierung dieser Option bewirkt, dass in der grafischen Benutzeroberfläche von LTOP (unter Tab

"Ausgleichungstyp und Konfiguration") die Option "Erweiterte Überprüfung des Plausibilität von Parametern (Koordinaten, Beobachtungen, Gruppen, GNSS, usw.)" angezeigt wird (siehe Abbildung 6 - 22):

The screenshot shows the LTOP software window with the 'Ausgleichungstyp und Konfiguration' tab selected. The 'Name des Berechnungsdatensatzes' is '(ungesicherter temporärer Datensatz)'. The 'Anwendung / Vermessungstyp' is 'Ingenieurvermessung (Programmversion 1/2)'. The 'Ausgleichungstyp und Konfiguration' section has two columns: 'Lage:' and 'Höhe:'. Under 'Lage:', 'Ausgleichungstyp' is 'frei (minimales Datum)', 'Präanalyse' is checked, and 'Robuste Ausgleichung / Koeffizient' is 0. Under 'Höhe:', 'Ausgleichungstyp' is 'frei (minimales Datum)', 'Präanalyse' is checked, and 'Robuste Ausgleichung / Koeffizient' is 0. The 'Definition der freien Ausgleichung' section has 'Separate .MES-Datei:' checked with path 'D:\LTOP\LENS\test7\data\LENS_frei.mes', 'Automatisch .MES-Datei generieren und Kontrollpunkte setzen:' unchecked, 'Definitionsmodus:' is '1 Festpunkt und 1 fiktives Azimut', 'Festpunkt-Name:' is empty, 'Fiktives Referenzazimut zum Punkt:' is empty, and 'Typ / Wert [g:]' is 0.0. The 'Stoppkriterien' section has 'Maximale Anzahl der Iterationen:' set to 3 and 'Abbruchschranke [mm]:' set to 0.5. The 'Erweiterte Optionen' section has 'Erweiterte Überprüfung der Plausibilität von Parametern (Koordinaten, Beobachtungen, Gruppen, GNSS usw.) deaktivieren' checked.

Abbildung 6 - 22: Erweiterte Überprüfung der Plausibilität von Parametern

Im Falle einer Warnung von GeoSuite bei der Ausführung einer LTOP-Berechnung wird dringend empfohlen, das Problem zu beheben, anstatt die Plausibilitätstests zu deaktivieren.

Andernfalls ist ein reibungsloser Ablauf der LTOP-Berechnung nicht gewährleistet.

6.6 Praktische Anwendung, Vorgehen bei der Berechnung, Beurteilung der Resultate

6.6.1 Ablauf einer trigonometrischen Berechnung

In einer trigonometrischen Berechnung werden folgende Phasen durchlaufen:

- Präanalyse. Ein bequemes Hilfsmittel für die Beurteilung des Netzentwurfes ist bei grösseren Netzen die Präanalyse, d.h. eine Ausgleichung ohne durchgeführte Messungen.
- Sind die Messungen bereits auf dem Datenträger vorhanden, d.h. die Satzmittel gebildet und die Distanzen atmosphärisch korrigiert, erfolgen folgende Berechnungsschritte:
- Berechnung der Näherungskordinaten (in GeoSuite nicht enthalten)
- Provisorische Abrisse mit Näherungskordinaten (provisorischer Abriss)
- Kontrolle der Eingabe
- Ausgleichung mit den Koordinaten der Anschlusspunkte (AP) als Beobachtungen oder freie Ausgleichung
- Wahl der definitiven Fixpunkte

- Definitive Ausgleichung

Nach jedem Berechnungsschritt ist eine Beurteilung der Resultate und Bereinigung der Daten unerlässlich. Oft ist es sinnvoll, jede dieser Phasen mehrmals durchzuführen.

6.6.2 Erklärung der einzelnen Berechnungsphasen

Präanalyse

Bei grösseren oder komplexen Arbeiten, bei denen die Qualität des Netzaufbaus sowohl bezüglich Genauigkeit wie vor allem auch bezüglich Zuverlässigkeit nicht mehr so leicht zu überblicken ist, sollte eine Präanalyse durchgeführt werden. Dies kann anschliessend an die Feldrekognoszierung verhältnismässig leicht und schnell geschehen. Es ist einfacher, ein Netz mit zusätzlichen Messungen zu verbessern als ein zu stark überbestimmtes Netz zu reduzieren. Daher geht man im Allgemeinen von einem minimalen Netz aus.

Die Steuerbefehle und die Neupunktverzeichnisse können in der Regel fast unverändert für die spätere Ausgleichung verwendet werden. Es ist darauf zu achten, dass die Angaben der mittleren Fehler a priori realistisch sind, weil in der Präanalyse vorausgesetzt wird, dass die Messgenauigkeit diesen Werten entspricht. Als Näherungskordinaten sind grob aus der Karte gelesene Koordinaten auf 10 bis 20 m genau ausreichend (ausgenommen Beziehungen zwischen Zentrum und Exzentrum).

Anstelle der Beobachtungen genügen einfache Angaben: Bei den Richtungen gelten Werte > -10 gon, also auch Null, als gemessen, bei den Distanzen und den Höhenwinkeln genügt irgend eine positive Zahl, bei Höhendifferenzen genügt es die Gruppe 2 anzugeben. Auch relative Fehlerellipsen und Zuverlässigkeitsrechtecke können berechnet werden.

Die Ergebnisse können dann beurteilt werden: Die Fehlerellipsen geben Auskunft über die zu erwartende Genauigkeit in Bezug auf die gewählten Festpunkte. Die relativen Fehlerellipsen geben Hinweise auf die Relativgenauigkeit zwischen Neupunkten, die nicht direkt miteinander verbunden sind. Die Indikatoren z_i , NA bzw. NB geben Auskunft darüber, wie gut die Beobachtungen sich gegenseitig kontrollieren und wie gross der Einfluss eines nicht entdeckten groben Fehlers auf die Koordinaten (bzw. Koordinatenunterschiede im Falle von relativen Zuverlässigkeitsrechtecken) wäre. Nun kann mit kleinen Modifikationen der Messaufwand optimiert werden. Beobachtungen mit $z_i > 50\%$ können versuchsweise weggelassen werden. Dafür sind allenfalls zusätzliche Beobachtungen vorzusehen, wenn gewisse Beobachtungen unzureichend kontrolliert sind, was sich durch Toleranzüberschreitungen bei den NA bemerkbar macht. In vielen Fällen dürfte der Aufwand für die Präanalyse durch Einsparungen bei den Beobachtungen aufgewogen werden.

Bei Präanalysen sind gewisse Werte nicht sinnvoll. Deshalb werden die Verbesserungen, die Indikatoren w_i und g_i nicht ausgedruckt. Bei Richtungen und Azimuten werden die Querabweichungen für die mittleren Fehler a priori berechnet. Es ist sehr nützlich, sich auf die grafische Darstellung zu beziehen.

Berechnung der Näherungskordinaten

Sind die Messungen durchgeführt und erfasst, folgt die Berechnung der Näherungskordinaten. Anschliessend werden im Programm LTOP die Abrisse mit den Näherungskordinaten gerechnet.

Abrisse mit Näherungskordinaten (prov. Abriss)

Nach der Berechnung der Näherungskordinaten sollte man in den ersten Durchläufen nur Näherungsabrisse berechnen, in denen alle Punkte, auch jene mit Näherungskordinaten, festgehalten werden. Diese Funktion heisst in GeoSuite «provisorischer Abriss». In einer solchen Berechnung können alle Eingabedaten auf formale Richtigkeit geprüft werden. Wenn die Näherungskordinaten nicht allzu schlecht sind, können auch grobe Fehler in den Daten gefunden werden. Dabei sollten scheinbar fehlerhafte Beobachtungen auf keinen Fall gelöscht, sondern nur mit einem mittleren Fehler von 9999 gekennzeichnet werden, worauf sie im Abriss als eliminiert markiert werden. Sie haben dann keine Wirkung mehr.

Die Orientierungsunbekannte der Richtungssätze wird mit dem gewichteten Median berechnet, was den

grossen Vorteil hat, dass falsche Richtungen nur einen sehr geringen Einfluss auf alle anderen Richtungen ausüben und daher grobe Fehler besser lokalisiert werden können. Die Fehlersuche ist so lange weiterzuführen, bis alle Fehlermeldungen beseitigt sind und keine aussergewöhnlich grosse Verbesserungen mehr auftreten.

Kontrolle der Eingaben

In der letzten Abriss-Berechnung mit Näherungskoordinaten fest sollten alle von Hand erfassten Namen, Messwerte und Steuerparameter überprüft werden: Diese systematischen Kontrollen sollten erst durchgeführt werden, wenn keine Fehlermeldungen mehr auftreten, weil sonst bei den späteren Korrekturen neue Fehler eingeschleppt werden können.

a) Allgemeine Kontrollen

- Alle von Hand eingegebenen Werte mit dem Original (Feldbuch, Koordinatenverzeichnis, etc.) vergleichen, also D BEOB, GH, PH, BEOB, D-GR, D RED, HW, IH, SH, Anschlusspunkte und ev. Näherungskoordinaten.
- Sind alle Beziehungen zwischen Zentrum und Exzentrum eingeführt?

b) Tabelle Distanzreduktion

- Sind alle Distanzen mit richtiger Option eingegeben worden? Es kann leicht passieren, dass Distanzbeobachtungen mit falscher Option eingegeben werden.
- Sind GH und PH richtig eingegeben oder allenfalls richtig auf IH und SH verwiesen worden?
- Stimmen aus gegenseitigen Höhenwinkeln berechnete Höhendifferenzen überein? Das ist in der Kolonne «Kontrolle» ersichtlich.
- Genügen die verwendeten Näherungskoordinaten und vor allem die Näherungshöhen für die Reduktion? Die letzte Kolonne zeigt, wie stark sich Fehler in der Höhendifferenz auf die reduzierten Distanzen auswirken. Zudem bewirken 6 m Fehler in den Näherungshöhen einen Fehler von 1 ppm bei der Reduktion auf das Ellipsoid.

c) Tabelle Lageabriss

- Kommen extreme Verbesserungen vor? Sie können auf grobe Fehler hinweisen. (Im provisorischen Abriss sind die Zuverlässigkeitsindikatoren nicht vorhanden.)
- Sind die mittleren Fehler a priori richtig gewählt?

d) Tabelle Höhenabriss

- Stimmen aus gegenseitigen Höhenwinkeln berechnete Höhendifferenzen überein? Das ist in der Kolonne «Kontrolle» ersichtlich.
- Kommen extreme Verbesserungen vor? Sie können auf grobe Fehler hinweisen. (Im provisorischen Abriss sind die Zuverlässigkeitsindikatoren nicht vorhanden.)
- Sind die mittleren Fehler a priori richtig gewählt?
- Sind Instrumenten- und Signalthöhen richtig eingegeben?

e) Tabelle Koordinaten

- Sind alle für die Distanzreduktion notwendigen Höhen eingegeben?
- Sind alle Neupunkte ausreichend bestimmt (Messelemente für Lage und Höhe durchsehen)?

f) Titelblatt

- Sind alle Angaben plausibel?
- Sind die richtigen und nur diese Namen im Neupunktverzeichnis aufgeführt?

Iterative Verbesserung der Näherungskordinaten

Nach dieser Bereinigungs- und Kontrollphase kann eine erste Ausgleichung durchgeführt werden. Dabei sind alle Koordinaten und Höhen festzuhalten, die als genau bekannt vorausgesetzt werden können. Nun werden kleinere «grobe Fehler» entdeckt, beseitigt und die Berechnung wiederholt. In dieser Phase ist es wichtig, die Näherungskordinaten laufend zu verbessern. Dies geschieht am einfachsten durch Auswechseln des Koordinatenfiles. Es ist zu beachten, dass für die Lageausgleichung die Koeffizienten der Verbesserungsgleichungen aus den Näherungskordinaten berechnet werden. Ungenaue Näherungskordinaten wirken sich deshalb vor allem bei kurzen Visuren ungünstig aus. Die Reduktion der Distanzen wird ebenfalls mit den Näherungshöhen durchgeführt. Auch hier ist ein laufendes Ersetzen des Koordinatenfiles notwendig, wenn Ungenauigkeiten vermieden werden sollen.

Die robuste Ausgleichung hat den grossen Vorteil, dass auch bei schlechten, mit groben Fehlern behafteten Beobachtungen die unbekannten Parameter relativ genau bestimmt werden können und schlechte Näherungskordinaten verbessert werden. Dies hat den Vorteil, dass:

- in den allermeisten Fällen bereits aus dem ersten Berechnungsdurchgang vernünftige Näherungskordinaten resultieren und
- allfällige grobe Fehler isoliert werden und sich durch grosse standardisierte Verbesserungen auszeichnen.

Ein iteratives Vorgehen, wie oben beschrieben wird, erübrigt sich bei Anwendung der robusten Ausgleichung.

Bei schlechten Näherungshöhen empfiehlt es sich, die Distanzreduktion mit Höhenwinkeln durchzuführen. Da ansonsten die Distanzbeobachtungen stark verfälscht werden.

Offensichtliche grobe Fehler sollten für die folgende freie Ausgleichung beseitigt werden. Durch Auswechseln des Koordinatenfiles werden die durch diese Ausgleichung berechneten Koordinaten als Näherungskordinaten für die kommenden Berechnungen eingeführt. Dies führt zu einer Verkürzung der Berechnungszeiten, da mit guten Näherungskordinaten weniger Iterationen zur Verbesserung der Koeffizienten der Verbesserungsgleichungen notwendig sind. Zudem ergibt sich eine Genauigkeitssteigerung, da die Reduktion der Distanzen, falls sie mit den anfänglich eingegeben Näherungshöhen durchgeführt wird, von der iterativen Verbesserung der Näherungskordinaten nicht profitiert.

Dieser Berechnungsgang ist nicht notwendig, wenn die Näherungskordinaten mit Hilfe eines automatischen Programmes berechnet wurden.

6.6.3 Ausgleichung mit Koordinaten der Anschlusspunkte (AP) als Beobachtungen

Mit den ersten Ausgleichungen möchte man die Qualität der Messungen beurteilen können. Damit die Messungen nicht beeinflusst werden von den eventuellen Zwängen zwischen den Anschlusspunkten, dürfen diese zuerst nicht als Fixpunkte eingeführt werden. Es besteht daher die Möglichkeit, auf einfache Weise alle Anschlusspunkte provisorisch als Neupunkte einzuführen. Dabei werden die Koordinaten aller Anschlusspunkte als zusätzliche Beobachtungen in die Ausgleichung eingeführt. Ihr mittlerer Fehler wird ebenfalls mit der Steuerkarte festgelegt. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass grobe Fehler in den Anschlusskoordinaten oder Punktverschiebungen leicht gefunden werden können. Es eignet sich aber nicht für definitive Berechnungen.

Als mittlere Fehler können 10-20 mm oder im Falle, dass die AP von schlechter Qualität sind, 30-40 mm angenommen werden. Nach der ersten Ausgleichung werden die Messungen beurteilt, allfällige Messfehler gesucht und korrigiert.

Für die Beurteilung sind sowohl in der Ausgleichung mit den Koordinaten der AP als Beobachtungen wie auch in der freien Ausgleichung vor allem die Zuverlässigkeitsindikatoren der Messungen w_i und g_i von

Bedeutung (siehe Kapitel [Die Zuverlässigkeitsindikatoren](#)). Sie werden im Kap. 6 dargestellt. Zunächst ist nach groben Fehlern zu suchen. Hierzu eignen sich die Kolonnen w_i und g_i in den Abrissen. Werte w_i grösser als $w_{\max}$ sind bei den im Programm voreingestellten Annahmen möglicherweise auf einen groben Fehler zurückzuführen und müssen untersucht werden. Je grösser der Wert, umso verdächtiger ist die Beobachtung. Ein Messfehler verursacht aber oft auch bei Nachbarmessungen grosse w_i . Am wahrscheinlichsten liegt der Fehler bei der Beobachtung mit dem grössten w_i . Man wird also die Fehlersuche bei diesen Beobachtungen beginnen. Bei grösseren Netzen ist zu empfehlen, die w_i im Netzplan graphisch aufzutragen, damit die Zusammenhänge besser überblickt werden können. Über die Grössenordnung eines allfälligen groben Fehlers gibt die Kolonne g_i Auskunft. Sie gibt an, wie gross ein grober Fehler in der betreffenden Beobachtung sein muss, um die vorhandene Verbesserung hervorzurufen. In dieser Kolonne werden nur Werte gedruckt, wenn ein Verdacht auf grobe Fehler besteht, d.h. wenn $w_i > w_{\max}$.

Wird ein grober Fehler gefunden, kann er korrigiert werden und die Sache ist erledigt. Wird er nicht gefunden, soll(-en) die Messung(-en) mit dem grössten w_i mittels MF=9999. eliminiert werden. Auch hier gilt der Grundsatz, dass Beobachtungen nicht gelöscht werden. Die mit einem mittleren Fehler von 9999. versehenen Messungen erscheinen so im Abriss mit dem Vermerk ELIM, haben aber auf die Ausgleichung keinen Einfluss mehr. Bereits als fehlerhaft gekennzeichnete Beobachtungen, deren Verbesserung den Verdacht nicht bestätigt, sollten durch Löschen der Markierung wieder in die Ausgleichung aufgenommen werden.

Anschlusspunkte, deren Koordinaten oder Höhe ein $w_i > w_{\max}$ erhalten, sollten in einem weiteren Durchgang (lokal nur 1 Punkt pro Durchgang) als neu zu berechnende Punkte eingeführt werden (Registerkarte zur Definition von festen und variablen Punkten). Nach jedem Durchgang wird neu beurteilt.

Bei diesem Verfahren können die Messungen dennoch leicht von den Zwängen zwischen den AP beeinflusst werden. Als Alternative dazu dient die «Freie Ausgleichung».

Es kann auch von Vorteil sein, wenn eine robuste Ausgleichung durchgeführt wird, da allfällige grobe Fehler in den Anschlusskoordinaten auf diese Weise sehr gut festgestellt werden können.

6.6.4 Freie Ausgleichung

In der "freien Ausgleichung", als alternative Lösung zum vorher beschriebenen Vorgehen, sind die Zuverlässigkeitsindikatoren der Messungen am aussagekräftigsten. Die minimale Lagerung des Netzes kann auf zwei Arten erreicht werden: Entweder wird nur ein Punkt festgehalten und zudem ein Azimut eingeführt, um das Netz zu orientieren, oder es werden zwei Punkte festgehalten und dafür der Massstab der Distanzmessungen als Unbekannte eingeführt. Im ersten Fall bestimmen die Distanzen den Massstab. Oft sind vereinzelte Beobachtungen zu entfernteren Anschlusspunkten vorhanden, die nicht ausreichen, um diese Punkte in einer freien Ausgleichung zu bestimmen. Sie können festgehalten werden, wenn sie keinen Zwang ausüben. Andernfalls kann der mittlere Fehler a priori dieser Beobachtungen auf 9999. gesetzt werden, oder die betreffenden Punkte werden für die freie Ausgleichung vorübergehend aus dem Koordinatenverzeichnis entfernt. In beiden Fällen werden alle Beobachtungen zu diesen Punkten unwirksam, im zweiten Fall allerdings mit einer Fehlermeldung. Man achte darauf, dass zwischen diesen Meldungen nicht noch andere Fehlermeldungen auftreten, die wichtig sind. Für die Beurteilung, vergleiche oben.

Man kann auch gar nichts unternehmen, dann werden die nicht bestimmbaren Unbekannten festgehalten. Allerdings wird dann die Singularität mit einer oder mehreren Fehlermeldungen angezeigt.

Ein einfacheres Vorgehen ist möglich bei der Wahl einer robusten Ausgleichung. In diesem Fall werden die Nachbarmessungen einer fehlerhaften Messung nur noch in sehr geringen Masse verfälscht, was eine sehr gute Lokalisierung der groben Fehler erlaubt. Auftretende grobe Fehler werden in den Abrissen hinter den R-ZI mit einem R gekennzeichnet. Über die Grössenordnung eines groben Fehlers gibt die Kolonne R-GI Auskunft. In dieser Kolonne werden nur Werte gedruckt, wenn ein grober Fehler auftritt. Der maximal mögliche Einfluss (inkl. einer gewissen Unsicherheit τ_w) eines groben Fehlers auf die Koordinaten kann mit den Grössen NA und NB abgeschätzt werden. Es ist zu beachten, dass grob fehlerhafte Beobachtungen andere Beobachtungen schlechter kontrollieren können, da sie infolge des Fehlers an Gewicht verlieren. Die Verteilung der Redundanz nach dem Auftreten grober Fehler wird in der Kolonne R-ZI des Abrisses dargestellt.

Bemerkung zur Lagerung mit Hilfe eines Azimuts: Wird das Netz mit Hilfe eines Fixpunktes und einem Azimut gelagert, so ist dieses Azimut als fiktive Beobachtung einzuführen (Buchstabe 'F' in der ersten

Kolonne des mittleren Fehlers). Der Grund liegt in der Auswirkung des Azimuts auf die äussere Zuverlässigkeit: Ein Fehler in der Orientierung ist nämlich nicht aufzudecken, so dass sich das gesamte Netz um den Fixpunkt drehen lässt, ohne dass man es merkt. Infolgedessen wird das ganze Netz unzuverlässig. Mit der Einführung des Azimuts als fiktive Beobachtung wird diese in der Berechnung der äusseren Zuverlässigkeit vernachlässigt. Man beachte jedoch, dass fiktive Beobachtungen keineswegs von der Ausgleichung ausgeschlossen werden und deshalb mit einem mittleren Fehler versehen werden müssen!

6.6.5 Ausgleichung von GNSS-Koordinatensätzen

Vorbereitungen

Sätze von GNSS-Koordinaten werden mit einer ebenen Helmert-Transformation ins Landessystem integriert (Translation in Y (y) und X (x), Rotation (R), Massstabsfaktor (M)). Die Translation muss immer für jeden Koordinatensatz individuell berechnet werden, während man für den Rotationsparameter oder den Massstabsfaktor frei wählen kann, ob diese individuell oder für mehrere Koordinatensätze gemeinsam berechnet werden sollen oder festgehalten werden. Im praktischen Einsatz ergeben sich oft folgende 3 Möglichkeiten:

- alle Parameter rechnen, Name, YXRM
- nur die Translation rechnen, Name, YX--
- Sätze mit gemeinsamen R und M rechnen, Name, YX!!

Es lohnt sich diese Möglichkeiten unter «Funktionales Modell» zu definieren. Das Zeichen ! wird durch eine Ziffer ersetzt, die gleich ist für alle gemeinsam definierten Sätze. Der betreffende Name muss dann im Messfile auf der Stationszeile "SL" jedes Koordinatensatzes erscheinen.

Erste freie Ausgleichung

In einem kombinierten Netz mit trigonometrischen und GNSS-Messungen schlagen wir vor, zuerst die GNSS-Messungen für sich alleine auszugleichen. Erst, wenn diese Ausgleichung bereinigt ist, werden auch die trigonometrischen Messungen integriert.

Es lohnt sich, zuerst provisorische Abrisse mit allen Punkten als fest durchzuführen, um so grobe Fehler (Identität, etc.) zu entdecken und zu eliminieren.

Im ersten Ausgleichungsdurchgang wird wie folgt vorgegangen:

- a. Einen Fixpunkt wählen, in der Regel einen Triangulationspunkt, dessen Koordinaten genau sind und welcher gut im Netz integriert ist.
- b. Einen Koordinatensatz mit dem Parameter "YX—" definieren, d.h. Rotation und Massstab als fest annehmen. Am besten wird ein Koordinatensatz mit langen Basislinien gewählt, da dieser Satz die Orientierung und den Massstab des Netzes festlegt.
- c. Alle anderen Koordinatensätze mit dem Parameter "YXRM" definieren, d.h. Berechnung der Rotations- und Massstabsunbekannten pro so definiertem Satz.

Dieser Ansatz entspricht einer freien Ausgleichung der GNSS-Messungen. Als mittlerer Fehler der Koordinaten kann σ 5 mm gewählt werden. Es folgt wie üblich eine Beurteilung der w_i und g_i , der Elemente der Fehlerellipse und der äusseren Zuverlässigkeit NA. Sind alle diese Indikatoren in Ordnung (d.h. in der Toleranz), ist die erste GNSS-Ausgleichung abgeschlossen.

Zweite Ausgleichung mit Reduktion der Anzahl Parameter R und M

Es kann vorkommen, dass in der ersten Ausgleichung etliche NA nicht in der Toleranz (10 cm bei Toleranzstufen 2 und 3) oder sogar weit ausserhalb der Toleranz sind, vor allem dann, wenn Sessionen mit weniger als 5 Punkten gemessen wurden.

Diese Schwäche kann durch die Reduktion der Anzahl Unbekannten für R und M beseitigt werden, indem

für mehrere ausgewählte Sätze gemeinsame Parameter berechnet werden. Es betrifft dies vor allem jene Sätze, die in der ersten Ausgleichung ähnliche Werte erhalten haben.

In der praktischen Anwendung wird man wie folgt vorgehen: Aus der ersten Ausgleichung wird man für jeden Koordinatensatz die Werte und m.F. der Rotation R und des Massstabsfaktors M miteinander vergleichen. Sind die Werte innerhalb des ein- bis zweifachen m.F., sind sie nicht signifikant und man könnte in einer weiteren Berechnung auf diese Unbekannten verzichten. Sind die Werte signifikant, wird überprüft, ob allenfalls mehrere Koordinatensätze ähnliche Werte erhalten. In diesem Falle könnten alle diese Sätze mit den gleichen Unbekannten für R und/oder M versehen werden. Sessionen, die an verschiedenen Tagen zur gleichen Zeit gemessen wurden, könnten am ehesten diesem Falle entsprechen.

In LFP2-Netzen können relative Verzerrungen von σ 3 bis 5 cc für die Rotation und solche von σ 5 ppm (oder grösser, wenn der Wert nicht signifikant ist) für den Massstab ohne weiteres akzeptiert werden. Ist die Wahl getroffen, wird nun eine weitere Ausgleichung mit der neuen Parameterwahl für die betreffenden Koordinatensätze durchgeführt und beurteilt. Bei sinnvoller Wahl dürften der Fehlerquotient, die einzelnen w_i und die Verbesserungen nicht signifikant höher sein als bei der ersten Ausgleichung. Die äusseren Zuverlässigkeitsindikatoren NA hingegen werden dann wesentlich kleiner sein und sollten in der Toleranz bleiben. Ausserdem werden die Koordinatenänderungen gegenüber der ersten Ausgleichung überprüft. Diese sollten innerhalb weniger mm bleiben. Trifft dies für den einen oder anderen Punkt nicht zu, muss von Fall zu Fall beurteilt werden, was akzeptiert werden kann.

Schrittweise wird die Berechnung fortgesetzt, bis alles akzeptiert werden kann. Die letzte Ausgleichung entspricht dann der definitiven, freien Ausgleichung.

Kombinierte Ausgleichung GNSS-/ trigonometrische Messungen

Das Messfile der GNSS-Messungen wird nun mit den trigonometrischen Messungen ergänzt. Alle aus der definitiven, freien GNSS-Ausgleichung resultierenden Koordinaten werden als Festpunkte übernommen. Die trigonometrischen Messungen werden dann beurteilt und bereinigt. Schlussendlich wird die definitive freie Ausgleichung des kombinierten Netzes durchgeführt.

Ausgleichung von GNSS-Höhen

Wie für die Koordinatensätze der Lageausgleichung, sollten für die Höhenausgleichung Höhensätze verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass orthometrische Höhen (resp. Gebrauchshöhen) gebildet werden. Die entsprechenden Geoidundulationen sind mit dem Programm GEOLOT oder einem gleichwertigen Programm zu berechnen.

6.6.6 Wahl der definitiven Festpunkte

Dieses Thema gehört eigentlich nicht zu LTOP, wird aber hier aufgeführt, um den Ablauf zu vervollständigen. In der Regel werden die neu berechneten Koordinaten in ein bereits bestehendes System eingeordnet, weshalb die Koordinaten aus der Ausgleichung mit AP als Beobachtung oder aus der freien Ausgleichung nicht direkt verwendet werden dürfen. Die definitiven Koordinaten können auf zwei verschiedene Arten berechnet werden: Entweder mittels einer gezwängten Ausgleichung oder einer Interpolation. In beiden Fällen muss vorgängig die Wahl der Festpunkte getroffen werden.

Im Falle der Ausgleichung mit AP als Beobachtung werden einerseits die Verbesserungen an den Koordinaten der AP und gegebenenfalls die Koordinatenänderungen der neugerechneten AP vektormässig auf dem Netzplan oder auf der Punktkarte eingezeichnet. Im Falle der freien Ausgleichung wird zuerst eine Helmert-Transformation berechnet und anschliessend der Vektorplan erstellt. Aus dem Vektorplan wird sodann die definitive Festpunktwahl getroffen (siehe [Referenz \[24\]](#)).

6.6.7 Definitive Ausgleichung

Das Ziel der definitiven Berechnung ist, die Gebrauchskoordinaten und -höhen zu bestimmen und den Nachweis der Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsanforderungen an den Koordinaten und Höhen zu erbringen.

Alle entsprechenden Kenngrössen MFA resp. MFH für die Genauigkeit und NA resp. NH für die

Zuverlässigkeit müssen die vorgegebenen Toleranzwerte einhalten.

Sind die Festpunkte bekannt, können die definitiven Koordinaten und Höhen entweder mittels einer gezwängten Ausgleichung oder einer Interpolation berechnet werden.

Die gezwängte Ausgleichung ist nicht für jeden Fall geeignet. Vor allem bei grösseren Klaffungen unter den Anschlusspunkten und bei inhomogenem Netzaufbau werden die Zwänge unter den AP ungleich verteilt. In den meisten Fällen wird der abschliessende mittlerer Fehlerquotient höher ausfallen als in der freien Ausgleichung. Die Verbesserungen v_i und die normierten Verbesserungen w_i werden ebenfalls grösser. Bei dieser gezwängten Ausgleichung muss der Nachweis der Koordinaten- und Höhenzuverlässigkeit (NA, NH) erbracht werden.

Mit der Interpolation wird erreicht, dass die Zwänge homogen zwischen den Anschlusspunkten verteilt werden. Als Passpunkte werden die in Kapitel [Wahl der definitiven Festpunkte](#) gewählten Festpunkte verwendet. Sehr wichtig ist eine homogene Passpunktverteilung (siehe [Interpolation nach verbessertem gewogenem Mittel "TRANSINT"](#)). Mit den interpolierten Koordinaten müssen aber nochmals provisorische Abrisse berechnet werden (analog [Erklärung der einzelnen Berechnungsphasen](#)), um den auf die Beobachtungen ausgeübten Zwang sichtbar zu machen. Hier sind alle Punkte Festpunkte, so dass LTOP keine Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsnachweise für die Koordinaten ausdrückt. In diesem Falle muss der Nachweis der Koordinatenzuverlässigkeit in der Ausgleichung mit AP als Beobachtung erbracht werden. Besser ist es allerdings, einen Vektorplan 'freies Netz - definitive Berechnung (resp. Interpolation)' zu erstellen, da in diesem Plan die Zwänge sichtbar gemacht werden.

Ob die definitive Berechnung mit robuster Ausgleichung oder nach der Methode der kleinsten Quadrate durchgeführt wird, ist einerseits abhängig von den Genauigkeitsansprüchen und andererseits von der Qualität des Datenmaterials und der Kenntnis der Modelleigenschaften. Ist die Überbestimmung genügend gross, um alle groben Fehler ohne gravierende Einbussen in der Zuverlässigkeit zu eliminieren und sind die Beobachtungen (fast) normalverteilt, so ist eine definitive Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate angebracht. In Zweifelsfällen ist es sicherer, darauf zu verzichten. Es muss jedoch beachtet werden, dass der Grenzwert Crob der robusten Ausgleichung vernünftig gewählt wird ($2.0 \leq Crob \leq 3.0$).

In der Amtlichen Vermessung wird empfohlen, die definitive Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate durchzuführen, damit die Messungen bewusst und gezielt eliminiert werden müssen.

7 Das Modul REFRAME

7.1 Allgemeine Beschreibung und technische Eigenschaften

Das geodätische Berechnungsmodul REFRAME erlaubt die Transformationen von Koordinatenlisten, CAD-Zeichnungen und GIS-Daten: Einerseits zwischen lokalen (schweizerischen) Bezugsrahmen, und andererseits von/zu globalen Bezugsrahmen sowohl in der Lage wie auch in der Höhe. Weitere Informationen zu den Bezugsrahmen finden sie im Kapitel [Grundlagen und technische Spezifikationen](#).

REFRAME unterstützt die Transformation von Punkten zwischen den folgenden lokalen und globalen Referenzrahmen:

- Landesvermessung LV03 (ebene Koordinaten im Schweizer Projektionssystem, Militär- und Zivil-System)
- Landesvermessung LV95 (ebene Koordinaten im Schweizer Projektionssystem)
- Schweizer / Europäischer Referenzrahmen CHTRF95/ETRF93 (ebene Koordinaten im UTM Projektionssystem, Zonen 31 und 32)
- Schweizer / Europäischer Referenzrahmen CHTRF95/ETRF93 (globale geozentrische oder geografische Koordinaten mit ellipsoidischen Höhen)
- Höhenrahmen LN02 (Gebrauchshöhen)
- Landeshöhennetz LHN95 (orthometrische Höhen mit CHGeo2004) und provisorisch orthometrische Höhen (mit CHGeo98)

Tabelle 7 - 1: In der Schweiz verwendete Bezugssysteme und Bezugsrahmen

Bezugssystem	Bezugsrahmen	Ellipsoid	Kartenprojektion
ETRS89	ETRF93	GRS80	UTM
CHTRS95	CHTRF95	GRS80	UTM
CH1903	LV03	Bessel 1841	Schiefachsige Zylinderprojektion
CH1903+	LV95	Bessel 1841	Schiefachsige Zylinderprojektion

Weitere Informationen zu den Transformationsparametern um von einem Bezugsrahmen in den anderen zu gelangen, finden Sie im Kapitel [Transformationsparameter REFRAME](#).

Die Eingangsdaten entsprechen der/den Koordinatendatei/en mit den zu transformierenden Punkten, wobei die von GeoSuite unterstützten Dateiformate im Kapitel « [Editieren und Darstellen von Daten](#) » aufgelistet.

Nach dem Berechnungsvorgang werden folgende Dateien ausgegeben:

- Eine Datei mit den transformierten Daten
- Eine Datei mit den Differenzen zwischen Quelle und Ziel ohne E0/N0-Offset (optional)

Die Dateinamen der Resultat-Dateien werden - basierend auf dem Namen der Eingangs-Datei - automatisch generiert.

In der aktuellen Version von REFRAME gibt es bezüglich der Anzahl zu transformierenden Punkte keine Einschränkungen.

Die generellen Parameter, welche sich auf die Berechnung beziehen, wie die Seiteneinrichtung des Berichts (Anzahl Nachkommastellen) oder die Anzeige der Berechnungsparameter in der grafischen Darstellung, können unter « Werkzeuge – allgemeine Optionen – Berechnungen » modifiziert werden, oder indem man auf das Icon  klickt.

7.2 Fenster REFRAME

Die Dialogbox REFRAME kann über das Menü « Berechnung – Bezugsrahmenwechsel – REFRAME »

oder über das Icon  **REFRAME** nach dem Öffnen und Aktivsetzen der Koordinatendatei aufgerufen werden. Falls keine Datei aktiv ist, bleibt das Icon von REFRAME inaktiv.

Eine Berechnung mit REFRAME wird in drei Schritten durchgeführt (siehe Abbildung 7 - 1):

- ① Definition der auszuführenden Berechnung: Bezugsrahmen sowohl in der Lage wie auch in der Höhe und optionales Erzeugen einer Datei mit den Koordinatendifferenzen
- ② Auswahl der Dateien, auf welche die Transformation angewendet werden soll.
- ③ Ausführen der Berechnung

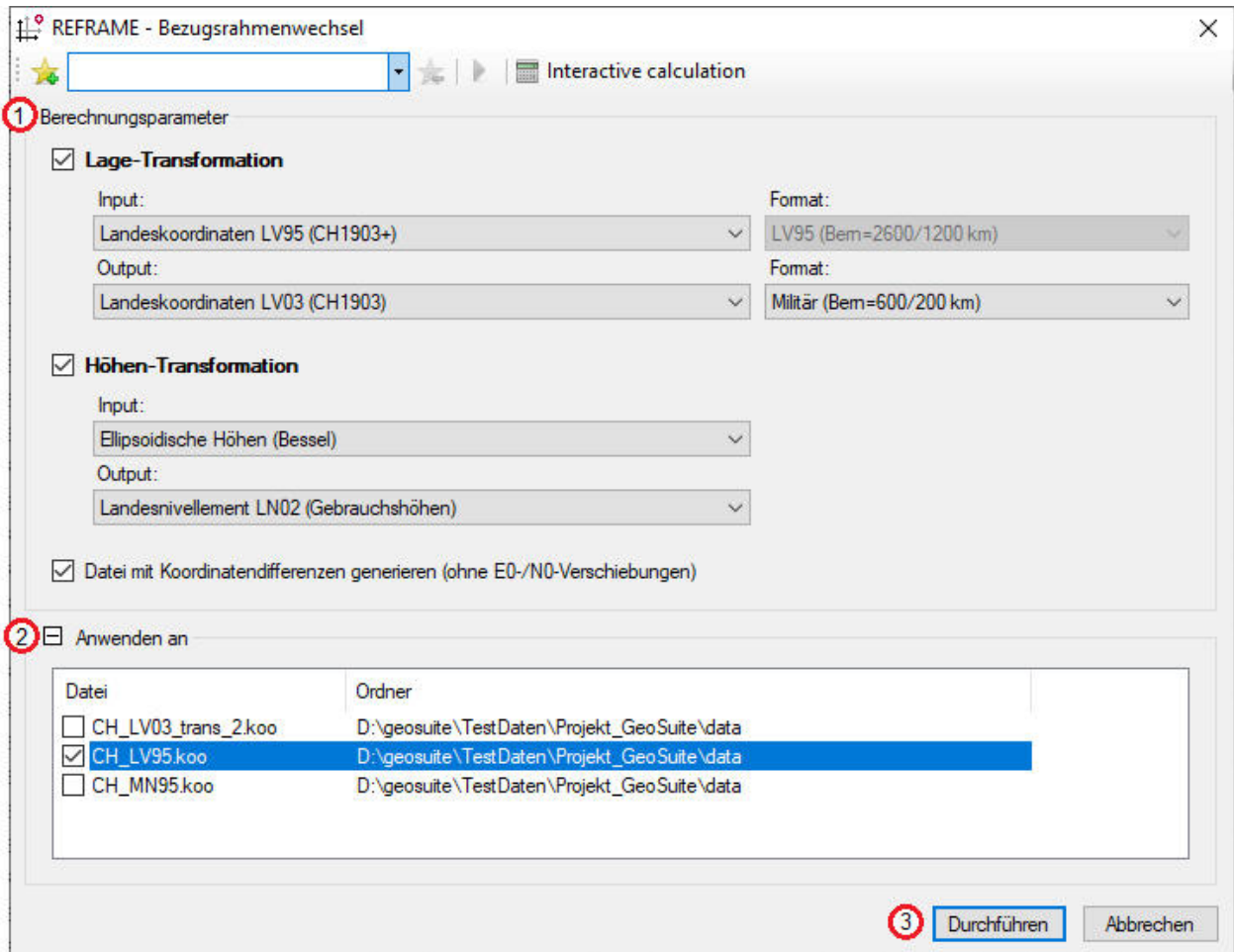


Abbildung 7 - 1: Fenster von REFRAME

7.3 Berechnungsparameter

Die Berechnungsparameter werden im Hauptfenster von REFRAME definiert. Dabei handelt es sich um einen oder mehrere Bezugsrahmenwechsel (Lage und/oder Höhe) sowie die optionale Generierung einer Datei mit den Differenzen.

Die Parameter können als Favoriten gespeichert werden, indem man auf das Icon  klickt, anschliessend mit dem Icon  ausführt oder von der Liste mit den Favoriten mit dem Icon  löscht.

7.3.1 Bezugsrahmenwechsel in der Lage

Damit ein Lage-Bezugsrahmen definiert werden kann, ist es nötig, «Lage-Transformation» anzukreuzen und anschliessend den Ausgangs- und Ziel-Bezugsrahmen auszuwählen. In gewissen Fällen muss zudem

das Format spezifiziert werden (Einheiten oder Herkunft).

Die Auswahlmöglichkeiten für den Input und den Output sind die folgenden:

- Projektionskoordinaten LV03 (CH1903), in den Unterversionen «Militär 600/200» und «Zivil 0/0» (vor allem noch im Fürstentum Liechtenstein verwendet)
- Projektionskoordinaten LV95 (CH1903+)
- Projektionskoordinaten UTM (ETRS89/CHTRS95/~WGS84), Zone 31 oder 32 (Standard für die Schweiz)
- Globale Koordinaten ETRF93/CHTRF95 (ETRS89/CHTRS95/~WGS84), geozentrisch (X/Y/Z) oder geografisch (Länge/Breite/Höhe, Formate «° ' ''», «° '», «°» oder «Gon»)

Standardmässig schlägt REFRAME als Ausgangs-Bezugsrahmen denjenigen der aktiven Datei vor.

Achtung: REFRAME kann die Richtigkeit der eingegebenen Parameter für den Bezugsrahmen der Quelldatei nicht bei allen Formaten verifizieren. Bitte überprüfen Sie vor der Transformation sorgfältig, ob der Eingangs-Bezugsrahmen richtig gewählt wurde, um keine fehlerhaften Resultate zu erhalten!

7.3.2 Bezugsrahmenwechsel in der Höhe

Damit ein Höhen-Bezugsrahmen definiert werden kann, ist es nötig, «Höhen-Transformation» anzukreuzen und ausschliessend den Ausgangs- und Ziel-Bezugsrahmen auszuwählen.

Die Wahlmöglichkeiten für den Input und den Output sind die folgenden:

- Landesnivellement LN02 (Gebrauchshöhen)
- Landeshöhennetz LHN95 (orthometrische Höhen, CHGeo2004)
- Provisorische orthometrische Höhen (CHGeo98)
- Ellipsoidische Höhen LV95 (relativ zum Bessel-Ellipsoid für lokale Systeme, GRS80 für globale Systeme)

Achtung: REFRAME kann die Richtigkeit der eingegebenen Parameter für den Bezugsrahmen der Quelldatei nicht bei allen Formaten verifizieren. Bitte überprüfen Sie vor der Transformation sorgfältig, ob der Eingangs-Bezugsrahmen richtig gewählt wurde, um keine fehlerhaften Resultate zu erhalten!

Wenn ein Lage-Bezugsrahmenwechsel von/nach globalen Koordinaten ETRF93/CHTRF95 ausgeführt werden soll, dann sind nur ellipsoidische Höhen zugelassen.

7.4 Anwenden und Ausführen der Berechnungen

Nachdem die Berechnungsparameter definiert und mit «OK» bestätigt sind, kann die Berechnung auf mehrere (in GeoSuite geöffnete*) Dateien angewendet werden, indem die gewünschten Dateien im Bereich «Anwenden an» ausgewählt werden. Es ist möglich, alle Dateien in der Liste auf einmal zu aktivieren oder zu deaktivieren, indem man mit einem Klick auf die rechte Maustaste die entsprechende Option im Kontextmenu auswählt. Die Berechnung kann schliesslich mit einem Klick auf «Durchführen» gestartet werden.

Die Berechnung läuft im Hintergrund, damit in der Zwischenzeit mit GeoSuite weitergearbeitet werden kann. Es können sogar mehrere Berechnungen gleichzeitig laufen. Am Ende der Berechnung erscheint jeweils ein Hinweis in einer Dialogbox.

* Mit dem Werkzeug «Batch - Transformation» kann die gleiche Berechnung gleichzeitig auf mehrere Dateien - ohne sie vorher im Editor öffnen zu müssen - angewendet werden.

7.5 Besonderheiten der Transformation von Rasterdaten (Georeferenzierung)

7.5.1 Einführung

Mit dem Berechnungsmodul REFRAME ist es auch möglich Rasterdaten, z. B. Orthofotos zwischen LV03 und LV95 zu transformieren, jedoch ausschliesslich im Modus der Batch-Verarbeitung (vgl. [Kapitel Batch-Verarbeitung](#)). Dies beschränkt sich allerdings auf die Transformation der Georeferenzierung (Metadaten) der Bilder. Der Bildinhalt selber bleibt erhalten und die Pixel werden somit nicht verändert. Es wird also keine Pixelinterpolation (Re-Sampling) durchgeführt. Dies ist nur sinnvoll möglich, falls die bei der Transformation entstehenden Verzerrungen im Verhältnis zu Bildauflösung und Bilddimension relativ klein sind. Deshalb werden in REFRAME zurzeit auch keine weiteren Transformationen (z. B. nach UTM oder ETRS89) unterstützt.

Eine Liste der unterstützten Dateiformate ist im Kapitel [Editieren und Darstellen von Daten](#) zu finden.

7.5.2 Wahl der zu transformierenden Dateien und Festlegen der Resultat-Dateien

Die Wahl der zu transformierenden Raster-Dateien geschieht gleich wie für Koordinaten-Dateien (LTOP, Shape, usw.). Man wählt die gewünschten Dateien mit der Schaltfläche «Datei einfügen...» aus.

Trotzdem müssen 2 Fälle unterschieden werden:

- Die Georeferenzierung ist in der Bilddatei enthalten (Header)
Diese Option ist nur für Bilder in den Formaten GeoTIFF und ECW unterstützt. In diesem Fall genügt es die Bilder in gewohnter Art der Dateiliste hinzuzufügen.
- Die Georeferenzierung ist in einem zusätzlichen World File enthalten
In diesem Fall muss das World File (*.tfw, *.jgw, ...) als Input für die Transformation gewählt werden - nicht die Bilddatei (was eine Fehlermeldung «Dateiformat nicht unterstützt» verursachen würde). GeoSuite prüft automatisch, ob die originale Bilddatei (*.tif, *.jpg, ...) vorhanden ist und liest aus ihr weitere nötige Informationen (siehe unten).

Die Angabe der zu erzeugenden Datei(en) geschieht identisch wie bei Koordinaten-Dateien.

7.5.3 Transformationsmöglichkeiten

Es wird nur die Lage transformation zwischen LV03 und LV95 unterstützt. Eine Höhen transformation kann nicht durchgeführt werden, da die dazu notwendige Information in den unterstützten Dateiformaten nicht enthalten ist.

Man darf deshalb nur die Option «Lage-Transformation» aktivieren und als Input- und Outputsystem muss zwingend «Landeskoordinaten LV03» respektive «Landeskoordinaten LV95» angegeben werden. Eine andere Wahl der Optionen führt zu einer Fehlermeldung.

7.5.4 Raster-Optionen

Wenn die Berechnung gestartet wird, erscheint die Dialogbox «Rastermetadaten Transformationseinstellungen».

Diese Dialogbox enthält 3 Teile:

- Informationen zu den gewählten Rasterdateien
Es wird eine Zusammenfassung der gewählten Bilder und deren Eigenschaften (Ausdehnung in Pixel, Auflösung) angezeigt. Falls mehrere Bilder gewählt wurden, so wird auch der Schwerpunkt aller Bilder angegeben.

Bemerkung: In einem World File sind die Koordinaten der linken, oberen Ecke angegeben und nur die Bildauflösung ist enthalten - nicht jedoch die Bilddimensionen. Um den Mittelpunkt eines Bildes zu

berechnen, muss GeoSuite deshalb die eigentliche Bilddatei (TIFF, JPG, usw.) analysieren. Falls nicht auf diese Datei zugegriffen werden kann oder diese nicht existiert, so werden die Koordinaten der linken, oberen Ecke aufgelistet und für die weiteren Berechnungen verwendet.

Die Bilddimensionen werden in der Spalte «Abmessungen» angezeigt. Falls sie nicht bestimmt werden konnten, so steht dort «Unbekannt!» (und die Legende im Abschnitt «Methode der Transformation» ändert von «bezüglich Mittelpunkt» auf «bezüglich Ecke oben links»). In diesem Fall ist es möglich, die Bilddimensionen manuell durch Drücken der Schaltfläche «Unbekannte Abmessungen» einzugeben. Danach werden die Mittelpunkt-Koordinaten berechnet und die dargestellten Informationen werden aktualisiert.

Rastermetadaten Transformationseinstellungen

Informationen über die zu transformierenden Bilddateien

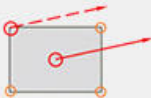
	Name	Abmessungen [Pixel]	Auflösung [m/Pixel]	Koordinaten [m]
1	DOP10_LV95_2584_1242_2020_1.tfw	10000 x 10000	0.1	2'584'500.0 / 1'242'500.0
2	DOP10_LV95_2584_1243_2020_1.tfw	10000 x 10000	0.1	2'584'500.0 / 1'243'500.0
3	DOP10_LV95_2585_1242_2020_1.tfw	Unbekannt!	0.1	2'585'000.0 / 1'243'000.0
4	DOP10_LV95_2585_1243_2020_1.tfw	10000 x 10000	0.1	2'585'500.0 / 1'243'500.0

4 Bilder, Schwerpunkt des Mosaiks: 1'938'625.0 m / 932'375.0 m

 Unbek. Abmessungen definieren...

Methode der Transformation der Metadaten (Georeferenzierung)

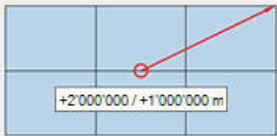
☐ Individuell
Transformation der linken oberen Ecke eines Bildes (die Bilddatei konnte nicht gelesen werden und seine Dimensionen sind unbekannt!).
Zu erwartender Fehler in den Ecken:



☒ Lokale Mosaik (hohe Auflösung)
Transformation bezüglich des Mittels aller linken oberen Ecken der Bilder (eine oder mehrere Bilddateien konnten nicht gelesen werden und die Dimensionen sind unbekannt!).
Zu erwartender Fehler in den Ecken des Bildes:



☐ Globale Mosaik (niedrige Auflösung)
Ausführen einer konstanten Translation von 2'000'000 m Ost und 1'000'000 m Nord.
Maximaler Fehler: 1 bis 2 m im Engadin, Puschlav, Tessin, Schaffhausen und Genf.



Optionen

☐ Für Worldfiles (TFW, JGW, EWW, ...), originale Bilddateien (TIF, JPG, ECW, ...) auch in den Zielordner kopieren

☐ Runden der transformierten Koordinaten (Georeferenzierung) auf die Pixelgrösse

Abbildung 7 - 2: Dialogbox für die Transformation von Rasterdateien

- Methode der Transformation der Metadaten
GeoSuite bietet 3 Methoden zur Transformation von Rasterdaten an:
 - Individuell
Für jedes einzelne Bild werden die Koordinaten des Mittelpunktes (oder der Ecke oben links, falls für ein World File die Bilddimensionen nicht bestimmt werden konnten) mit FINELTRA (Dreiecksvermaschung CHENyx06) transformiert und das ganze Bild mit diesem erhaltenen Wert verschoben (Translation).

Dabei handelt es sich um die genaueste der unterstützten Transformations-Methoden: Die zu erwartende Fehler Abweichung in den Bildecken (Unterschied zwischen den durch die Translation des Bildes erhaltenen Eck-Koordinaten und der strengen Transformation der Ecken mit FINELTRA) ist in der Regel kleiner als 1 dm (für Bilder mit einer Ausdehnung von bis ca. 25 km).

Diese Methode hat aber auch einen Nachteil: Die Transformation des Bildes stützt sich nur auf die Koordinaten des Mittelpunktes und berücksichtigt keinerlei Nachbarschaftsbeziehungen. Falls man also mehrere zusammenhängende Bilder (Mosaik) mit dieser Methode transformiert, so wird das Resultat Lücken und/oder Überlappungen zwischen den Einzelbildern aufweisen. Selbst wenn diese Probleme nur 1 bis 2 Pixel betragen sollten, kann dies die Bildqualität merklich beeinträchtigen und die automatisierte

Transformation von Mosaiken verhindern.

Deshalb werden zwei weitere Transformationsmethoden für Bilder angeboten, welche insbesondere für Mosaik geeignet sind (siehe unten).

GeoSuite schlägt standardmässig die individuelle Transformationsmethode vor, falls nur eine einzige Bilddatei als Input gewählt wurde und die Pixelgrösse kleiner als 2 Meter ist.

- **Lokale Mosaik (hohe Auflösung)**
Im Fall von mehreren gewählten Bildern, berechnet GeoSuite den Schwerpunkt des gesamten Datensatzes und berechnet die Transformation für diesen Punkt mit FINELTRA. Die erhaltene Translation wird auf alle Bilder des Mosaiks angewendet. So werden alle Bilder gleich verschoben. Die lokalen Koordinatenunterschiede zwischen LV03 und LV95 werden aber trotzdem grob berücksichtigt.

Die maximale Fehler Abweichung an den Rändern des transformierten Mosaiks kann von einigen cm bis zu einigen dm betragen - abhängig von den lokalen Verzerrungsverhältnissen und der geografischen Ausdehnung des Mosaiks.

Das Problem der Lücken und Überlappungen ist natürlich dasselbe wie bei der individuellen Transformation, falls man wiederum mehrere Teil-Mosaik zu einem gesamten zusammenfassen möchte.

GeoSuite schlägt diese Option als Default vor, falls mehrere Bilddateien als Input gewählt wurden und die Pixelgrösse kleiner als 2 Meter ist.

- **Globale Mosaik (niedrige Auflösung)**
Diese Methode ist sehr simpel, da nur eine konstante Translation von $\pm 2'000'000 / \pm 1'000'000$ m angebracht wird. Sie ist insofern flexibel, indem Bilder einzeln transformiert werden können, ohne dass Lücken oder Überlappungen entstehen und sie ist als einzige streng umkehrbar (unabhängig davon welche Bilder gemeinsam oder einzeln transformiert wurden).

Hingegen ist natürlich das Resultat weniger genau: Gegenüber einer strengen Transformation mit FINELTRA erhält man Fehler Abweichungen von 1.5 bis 2 Metern in Genf, im Tessin, in Graubünden oder in Schaffhausen.

GeoSuite schlägt diese Option als Default vor, falls die Pixelgrösse der zu transformierenden Bilder 2 Meter oder grösser ist.

- **Optionen**
Im untersten Teil der Dialogbox können noch zwei weitere Optionen gewählt werden:
 - Die erste Option erlaubt das automatische Erstellen einer Kopie der originalen Bilddatei (*.tif, *.jpg, *.ecw, usw.) bei der Transformation von World Files (*.tfw, *.jgw, *.eww, usw.). Dies erlaubt das sofortige Öffnen des transformierten Bildes in einem GIS-System und sichert die Konsistenz der Struktur der Dateiablage und -benennung (Die Bilddatei und das World File müssen den gleichen Namen haben und sich in demselben Verzeichnis befinden). Ein Nachteil ist, dass dadurch die Bilddatei dupliziert wird und zusätzlichen Speicherplatz für eine redundante Information beansprucht.
 - Die zweite Option erlaubt das Runden der Resultate auf eine ganze Pixelgrösse und somit immer Koordinaten zu erhalten, welche ein Mehrfaches der Pixelgrösse sind. Dies hat oft mehr einen kosmetischen als technischen Zweck. Da einige Programme diese Rundung automatisch vornehmen, kann es vorteilhaft sein, diese bereits in GeoSuite durchzuführen um eine zusätzliche Ungenauigkeit zu vermeiden und damit die Angaben in der Protokolldatei konsistent sind.
Bemerkung: Wenn diese Option nicht aktiviert ist, bleibt die Anzahl Nachkomastellen unverändert (wie in der World-Inputdatei).

Nachdem alle Einstellungen gemacht wurden und eventuell unbekannte Bilddimensionen manuell eingetragen wurden, kann durch einen Klick auf die Schaltfläche «Durchführen» die Transformation gestartet werden.

Es wird eine Warnung angezeigt, falls Sie versuchen, eine Mosaik-Transformation durchzuführen und die Input-Bilder unterschiedliche Dimensionen und/oder Auflösungen aufweisen. Auch wenn diese Transformation in den meisten Fällen nicht empfohlen wird, ist es trotzdem möglich, die Warnung zu ignorieren und die Dateien gemeinsam zu transformieren.

Achtung: GeoSuite testet hingegen nicht die Topologie und die durch die gewählten Bilder abgedeckte Fläche (Berührung, Lücken, Inseln). Der Benutzer muss die Korrektheit der gewählten Dateien und Optionen selbst überprüfen, um keine ungenauen oder inkonsistenten Resultate zu erhalten.

7.5.5 Details der Transformation / Protokoll

Bei einer Rastertransformation wird die Protokoll-Datei mit folgenden speziellen Informationen ergänzt:

- dem Namen der Bilddatei (falls ein World File transformiert wird) und deren Dimension in Pixeln und Auflösung.
- der gewählten Transformationsmethode (individuell, Mosaik (lokal) oder Translation 2 Mio / 1 Mio) und den Koordinaten des verwendeten Referenzpunktes (ausser bei der Translation 2 Mio / 1 Mio).
- den Unterschieden zwischen der durchgeführten Rastertransformation und einer strengen Einzelpunkttransformation mit FINELTRA: Abweichungen X/Ost, Y/Nord und S/Gesamtbetrag für alle 4 Bildecken. Diese Werte werden nicht ausgegeben, falls die maximale Abweichung vS kleiner ist als die halbe Bildauflösung (1/2 Pixel, d.h. 12.5 cm für ein Bild mit 25 cm Auflösung).
- Der maximale berechnete Abweichung (Ost oder Nord) in den Ecken - in Metern und in Pixeln.

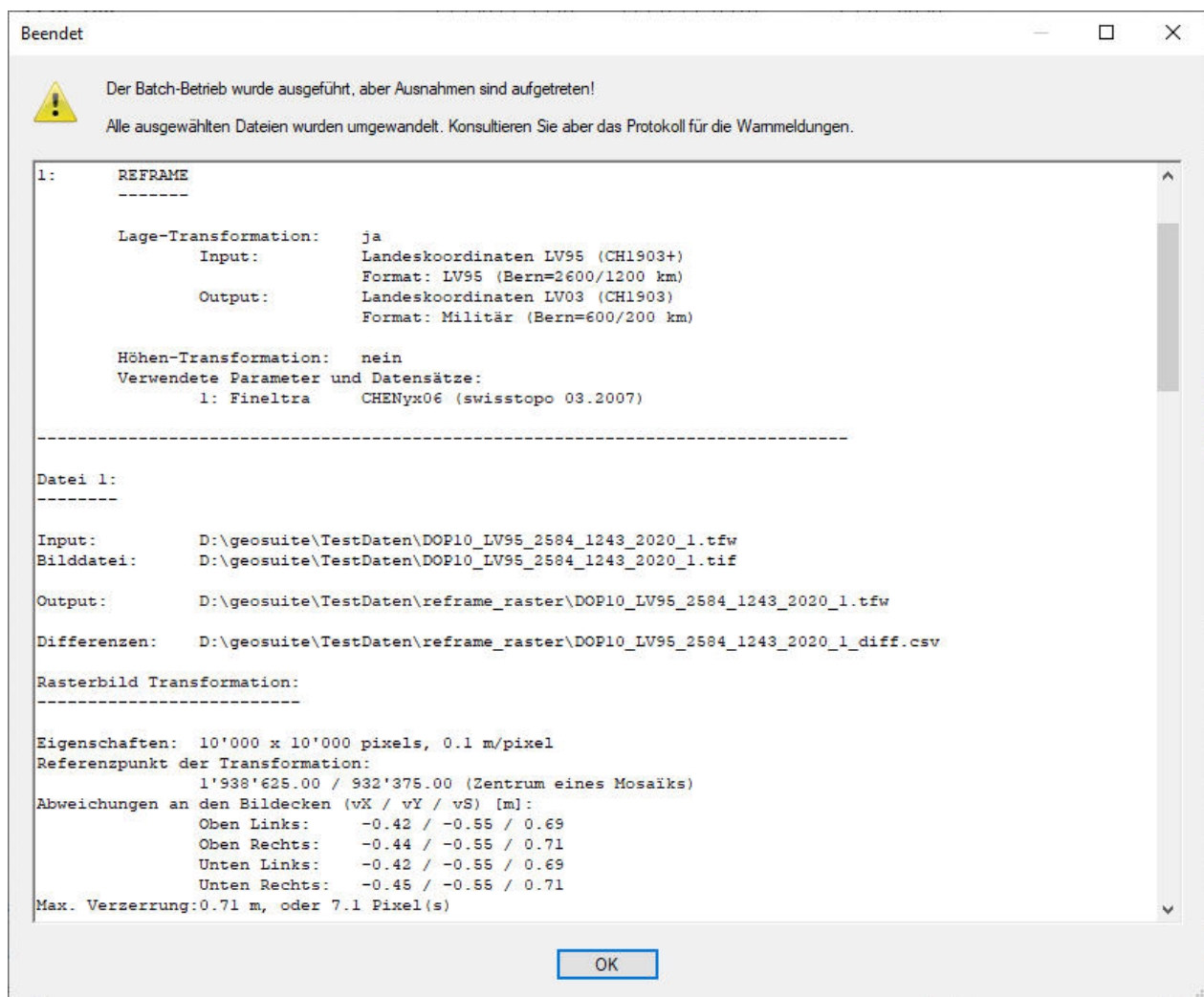


Abbildung 7 - 3: Details der Transformation einer Rasterdatei

Bemerkung: Die Anzahl Nachkommastellen der dargestellten Werte hängt von der Auflösung der Bilddatei ab:

- cm-Werte für Bilder mit einer Auflösung von 25 cm oder besser
- dm-Werte für Bilder mit einer Auflösung von 1 m oder besser
- m-Werte für Bilder mit einer Auflösung von weniger als 1m

7.6 Resultat-Dateien

Das Berechnungsmodul REFRAME gibt grundsätzlich zwei Output-Dateien aus: Die Resultat-Datei mit den neuen Punkt-Koordinaten und optional eine Datei mit den Differenzen aus Start- und Zieldatei. Diese Dateien werden automatisch in die Projektstruktur integriert und können manuell unter Vergabe eines neuen Namens abgespeichert werden.

Eventuelle Warnungen und Fehler erscheinen im Meldungs-Bereich im unteren Teil der GeoSuite-Oberfläche. Dieses Fenster kann die Fehler der aktiven oder aller Dateien anzeigen. Fehlermeldungen müssen manuell entfernt werden, nachdem ein Problem gelöst wurde, ansonsten bleiben sie solange, bis die Datei geschlossen wird, oder im Fall eines Projektes auf unbestimmte Zeit.

8 Das Modul TRANSINT

8.1 Allgemeine Beschreibung und technische Eigenschaften

Das geodätische Berechnungsmodul TRANSINT (TRANSformation-INTerpolation) erlaubt die Ausführung von geodätischen Transformationen und/oder Interpolationen von ebenen Punktgruppen. Diese Transformationen haben keinerlei Einfluss auf die Höhe der Punkte.

TRANSINT stellt verschiedene Transformationsmethoden zur Verfügung, bestimmt durch die Anzahl der Parameter:

- 2 Translationen
- 2 Translationen und 1 Rotation
- Helmert-Transformation (2 Translationen, 1 Rotation, 1 Massstabsfaktor)
- Affintransformation (2 Translationen, 2 Rotationen, 2 Massstabsfaktoren)

TRANSINT stellt folgende Interpolationsmethoden zur Verfügung:

- Interpolation TRANSINT (Inverse Distanzgewichtung mit oder ohne Korrelation zwischen den Stützpunkten)
- Interpolation über ein regelmässiges Gitter
- Interpolation nach Inverser Distanzgewichtung („Modified Shepard“) – Nur für Testzwecke
- Interpolation über eine Dreiecksvermaschung (Affintransformation mit finiten Elementen, FINELTRA)

Die Eingangsdaten sind grundsätzlich:

- Die Datei der Quellkoordinaten (Input): zu transformierende Punktdaten
- Die Datei der Stützpunkte im Quellsystem* und im Zielsystem oder die Datei mit der Dreiecksvermaschung, oder die Datei mit dem Interpolationsgitter – je nach gewählter Berechnungsart.
* Die Passpunkte im Quellsystem können auch in der Datei der zu transformierenden Punkte enthalten sein (wie in den älteren Versionen von TRANSINT). Dies wird jedoch aus praktischen Gründen (Batch-Modus, nicht-editierbare Formate) und hinsichtlich besserer Übersichtlichkeit nicht mehr empfohlen

Die von GeoSuite unterstützten Dateiformate sind im Kapitel [Editieren und Darstellen von Dateien](#).

Die geometrischen Transformationen und Interpolationen sind von der Organisation her sehr ähnliche Prozeduren. Das Programm wurde daher so konzipiert, dass eine Transformation oder eine Interpolation in ein und derselben Programmausführung gerechnet werden können. Die Transformation wird immer vor der Interpolation durchgeführt.

Nach dem Berechnungsvorgang werden folgende Dateien ausgegeben:

- Eine Datei mit den transformierten und/oder interpolierten Daten
- Eine Datei mit den Differenzen zwischen Quelle und Ziel ohne E0/N0-Offset (optional)
- Eine Datei mit den Berechnungsprotokollen (HTML)

Die Namen der erzeugten Dateien werden automatisch aus den Eingabedateien generiert.

Das Modul TRANSINT erlaubt auch die Generierung von regelmässigen Interpolationsgittern (über das Menü «Berechnung – Lokale Einpassung / Transformation / Interpolation – Interpolations-Gitter generieren...»), die dann für Interpolationsberechnungen durch TRANSINT weiterverwendet werden können.

Die generellen Parameter, welche sich auf die Berechnung beziehen, wie die Seiteneinrichtung des Berichts (Anzahl Nachkommastellen) oder die Anzeige der Berechnungsparameter in der grafischen Darstellung, können unter «Werkzeuge – allgemeine Optionen – Berechnungen» modifiziert werden, oder indem man auf das Icon  klickt.

In der aktuellen Standardversion von TRANSINT gibt es bezüglich der Anzahl Verknüpfungspunkte oder zu transformierenden/interpolierenden Punkte keine Einschränkungen. Allerdings: je zahlreicher die Passpunkte, desto langsamer wird die Berechnung wegen der Grösse der zu invertierenden Matrizen (insbesondere der Korrelationsmatrix bei der Interpolationsmethode TRANSINT).

Weitere Informationen zu TRANSINT können dem Kapitel [TRANSINT](#) entnommen werden.

8.2 Fenster TRANSINT

Die Dialogbox TRANSINT kann über das Menü «Berechnung – Lokale Einpassung / Transformation /

Interpolation – TRANSINT» oder über das Icon  nach dem Öffnen und aktiv setzen der Koordinatendatei aufgerufen werden. Falls keine Datei aktiv ist, enthält die Dialogbox nur den Zugriff auf die Berechnungsparameter.

Eine Berechnung mit TRANSINT wird in drei Schritten durchgeführt (siehe Abbildung 8 - 1):

- ① Definition der Berechnung (Definition einer einmalig zu verwendenden Transformation oder Abändern einer vorher gespeicherte Transformation und optionales Erzeugen einer Datei mit den Koordinatendifferenzen.
- ② Auswahl der Dateien, auf welche die Transformation angewendet werden soll
- ③ Ausführen der Berechnung

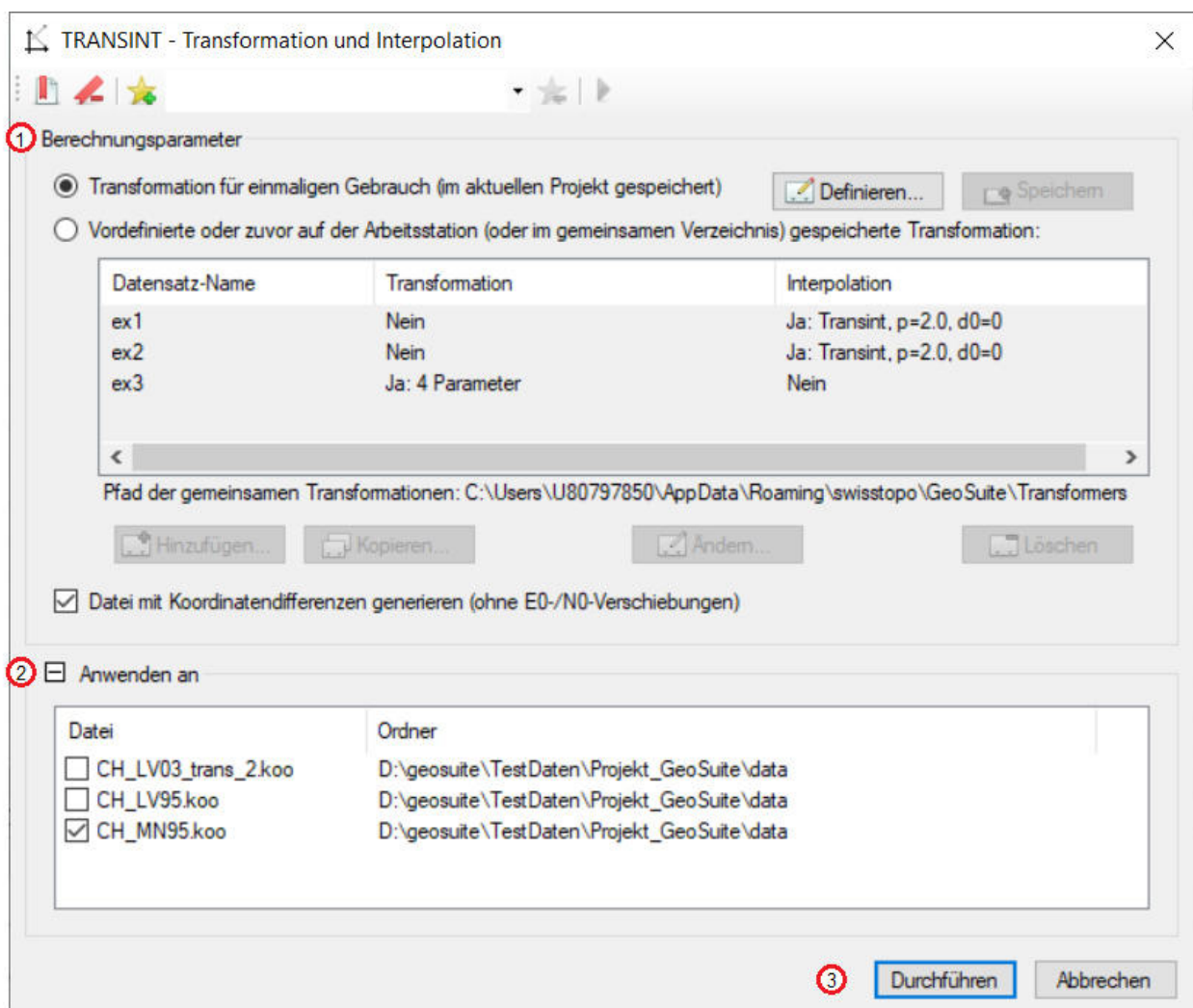


Abbildung 8 - 1: Fenster von TRANSINT

8.3 Berechnungsparameter

Die Berechnungsparameter werden für eine einmalige Verwendung definiert oder für eine spätere Wiederverwendung abgespeichert. Durch Aktivieren von « Transformation für einzelnen Gebrauch » und

Klicken auf « Definieren... », werden die Parameter für eine einmalige Verwendung definiert, während durch Aktivieren von « Vordefinierte oder vorher gespeicherte Transformation », anschliessendes Klicken auf « Hinzufügen... », « Kopieren... » oder « Ändern... » sowie Benennung des Datensatzes, können die Parameter für eine spätere Wiederverwendung definiert werden. Die Transformationen werden im Benutzerprofil gespeichert*. Die TRANSINT- oder REFRAME-Berechnungsparameter werden nach deren Ausführung auch im Projekt gespeichert. Diese Parameter sind einfach modifizierbar indem man auf « Modifizieren » klickt bevor man eine neue Berechnung startet. Wenn ein Parametersatz verändert wird und später ein Projekt mit einer älteren Version dieses Satzes geöffnet wird, stellt GeoSuite die Unterschiede fest und fragt den Benutzer, welche Version benutzt werden soll.

Eine Datei mit den Koordinatendifferenzen (Ohne E0/N0-Offset) kann erzeugt werden, indem man das entsprechende Feld aktiviert. Diese Erzeugung ist nützlich für die grafische Darstellung der Resultate indem die Differenzen zwischen Quell- und Zielkoordinaten als Vektoren dargestellt werden.

Für die Definition der Berechnungsparameter öffnet sich (sowohl für die temporäre als auch für die vordefinierte Transformation) ein neues Fenster, das aus drei Tabs zusammengesetzt ist (« [Transformation](#) », « [Interpolation](#) » und anschliessend « [Stützpunkte](#) », falls es die gewählte Berechnungsart erfordert). Es ist möglich, in einer TRANSINT-Berechnung eine Transformation und eine Interpolation zu kombinieren.

* Eine Funktion zum Austausch der Berechnungsparameter zwischen verschiedenen GeoSuite-Benutzerprofilen wird zu einem späteren Zeitpunkt noch integriert werden

8.3.1 Transformation

Im Tab « Transformation » kann, sobald die Option « Transformation durchführen » angewählt ist, aus verschiedenen Parametern ausgewählt werden (vgl. Abbildung 8 - 2):

- Die Anzahl Transformationsparameter (bzw. Translation, Translation und Rotation, Helmert-Transformation oder affine Transformation)
- Toleranz-Grenzwert: Der Toleranzwert hat keinen Einfluss aufs Resultat, Toleranzüberschreitungen werden aber mit Warnungen gemeldet und im Protokoll hervorgehoben.
- Der Koeffizient k, falls eine robuste Transformation erwünscht ist.
- Manuell vorgegebene Transformationsparameter (standardmässig werden die Parameter durch eine Ausgleichung über die Stützpunkte geschätzt)
- Der Ursprung der Drehung

Bemerkung: Bei einer robusten Ausgleichung sollte der Wert k normalerweise zwischen 2 und 3 liegen. Falls bei einer Berechnung mit GeoSuite ein Fehler mit einer singulären Matrix auftritt, ist es nötig sicherzustellen, dass die Grössenordnung der gewählten Standardabweichung (in GeoSuite noch „mittleren Fehler“) derjenigen der Restklassen der Transformation entspricht. Für weitere Informationen siehe Kapitel [Robuste Ähnlichkeitstransformation](#).

TRANSINT

Name des Transformations- und/oder Interpolations-Datensatzes:
(ungesicherter temporärer Datensatz)

Transformation Interpolation Stützpunkte

☒ Transformation durchführen (vor jeder Interpolation)

Anzahl von Parameter/Unbekannte: 4 (Helmert) 2 (Translation) 3 (Translation und Rotation) 4 (Helmert) 6 (affin)

Toleranz-Grenzwert: 2.5

☐ Robuste Transformation

Massstab(e) [mm/km]: Koeffizient (k):

Ursprung / Drehpunkt:

Start (Inputsystem): Ost (E) [m]: 600000 Nord (N) [m]: 200000 Automatisch (Schwerpunkt)

Ziel (Outputsystem): Ost (E) [m]: 2600000 Nord (N) [m]: 1200000 Automatisch (Schwerpunkt)

Mittlerer Fehler

Start (Inputsystem): 0.0 Ziel (Outputsystem): 10.0

Reset OK Abbrechen

Abbildung 8 - 2: Fenster TRANSINT, Transformationsparameter

Wenn die Transformationsparameter der gewählten Methode manuell eingegeben werden, kann die Transformation direkt durchgeführt werden. Wenn die Transformationsparameter hingegen mittels Ausgleichung bestimmt werden sollen, müssen die Stützpunkte im entsprechenden Tab definiert werden (für Erläuterungen siehe Kapitel [Stützpunkte](#)).

8.3.2 Interpolation

Im Tab « Interpolation » kann, sobald die Option « Interpolation durchführen » aktiviert ist, aus mehreren Interpolationsmethoden ausgewählt werden (vgl. Abbildung 8 - 3):

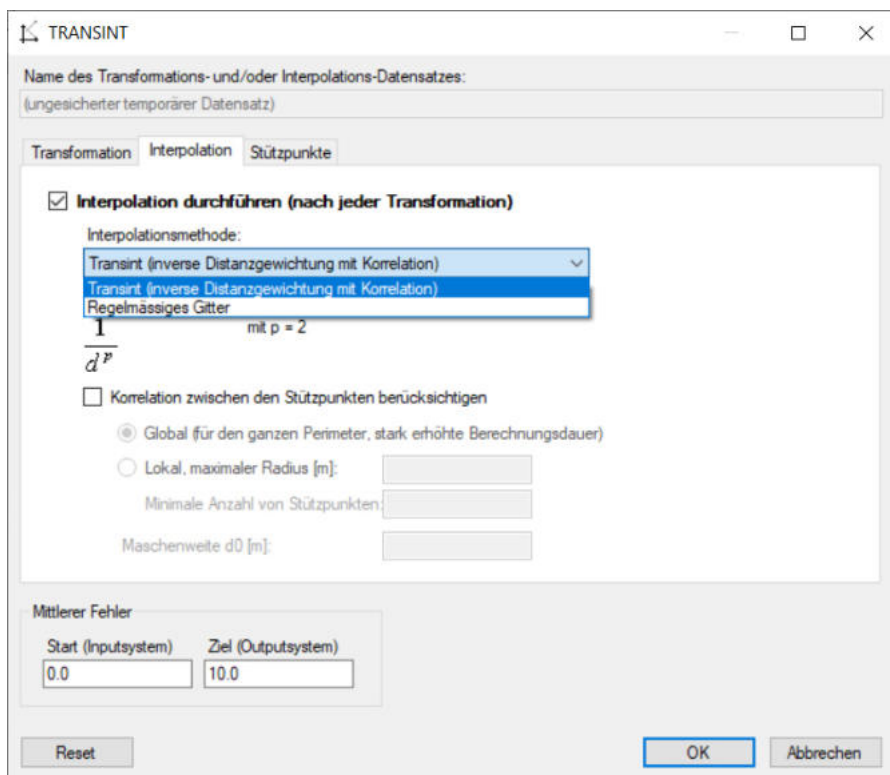


Abbildung 8 - 3: Fenster TRANSINT, Interpolationsmethoden

Für jede Interpolationsmethode wird eine geeignete Wahl der Parameter vorausgesetzt:

- Transint (Inverse Distanzgewichtung mit Korrelation):
 - Der Parameter der Potenz ist aktuell auf 2.0 festgesetzt
 - Die Korrelation zwischen den Stützpunkten kann entweder global oder lokal sein. Für die Berücksichtigung der Korrelation (zur Bildung der Korrelationsmatrizen) wird eine Maschenweite d_0 des Stützpunkt-Netzes benötigt. Diese Grösse entspricht der mittleren Distanz zwischen den benutzten Stützpunkten. Der maximale Radius des Umkreises um den zu interpolierenden Neupunkt und die minimale Anzahl Stützpunkte innerhalb dieses Umkreises (standardmässig 1) müssen für die lokale Korrelation zwischen den Stützpunkten definiert werden.

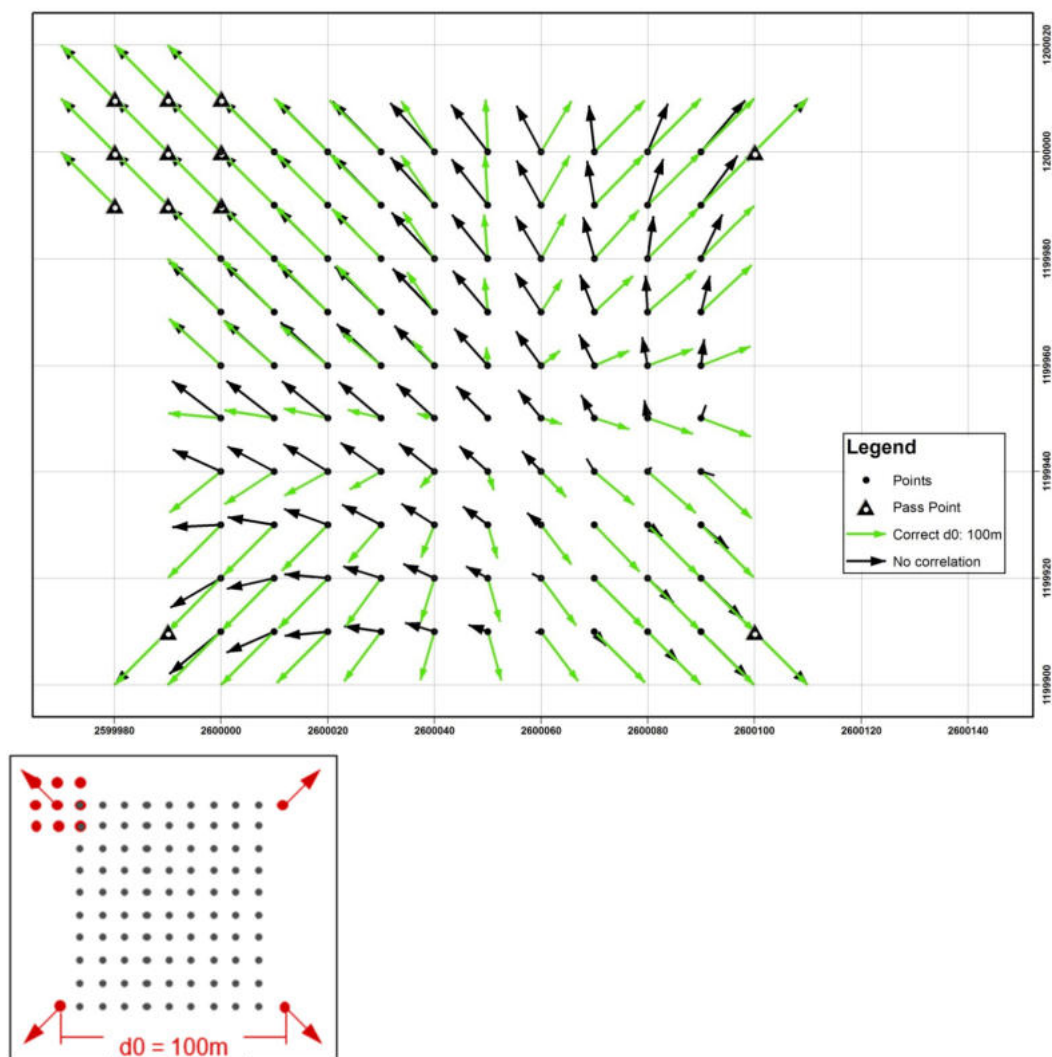


Abbildung 8 - 4 - Interpolation mit oder ohne Korrelation

Bemerkung: Die Maschenweite d_0 muss zweckmässig gewählt werden. Wenn nötig sind die Berechnungen in mehreren kleineren Stücken und mit regelmässigeren Vermaschungen durchzuführen. Für weitere Informationen siehe das Kapitel [Interpolation nach dem arithmetischen Mittel](#).

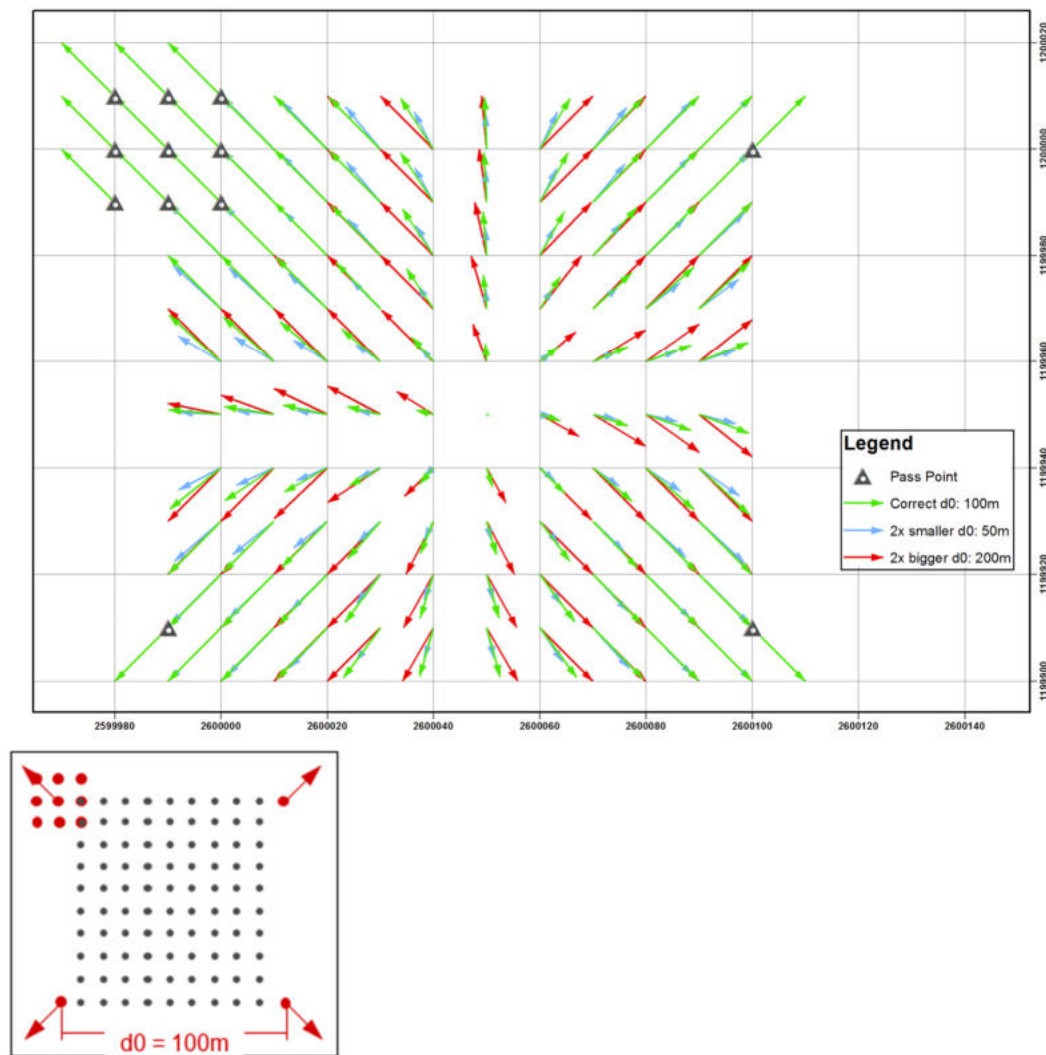


Abbildung 8 - 5 - Einfluss der Maschenweite

- Inverse Distanzgewichtung (Modified Shepard):
 - Der Einflussbereich (Anzahl Knoten oder Aktionsradius)
 - Die Knotenfunktion mit der benutzten Methode (konstant, linear oder quadratisch) sowie der Anzahl Knotenfunktionsnachbarn (Nq) und Gewichtungsnachbarn (Nw)

Bemerkung: Für eine ausführliche Beschreibung dieser Interpolationsmethode siehe das Kapitel [Interpolation nach der modifizierten Shepard-Methode](#). Bei Shepard handelt es sich um eine sehr performante und damit schnelle Interpolationsmethode nach dem Ansatz der inversen Distanzgewichtung. Der Algorithmus stammt aus der plattformübergreifenden ALGLIB Software-Bibliothek für numerische Analyse und Datenprozessierung (siehe <http://www.alglib.net> und [Referenz \[3\]](#)). Dieser wurde zu Testzwecken implementiert. Da der Shepard-Algorithmus bisher in der Geomatik in dieser Form nicht verwendet wurde und damit Erfahrungen über das Interpolationsverhalten noch weitgehend fehlen, sollte dieser einstweilen nur für Vergleichszwecke und Tests in der Ingenieur-Vermessung oder amtlichen Vermessung eingesetzt werden.

- Regelmässiges Gitter:
 - Die Gitterdatei
 - Die Interpolationsfunktion (bilinear, biquadratisch oder bikubisch)
 - Optionale Translation der Punkte ausserhalb des Gitter-Perimeters

TRANSINT

Name des Transformations- und/oder Interpolations-Datensatzes:
(ungesicherter temporärer Datensatz)

Transformation Interpolation Stützpunkte

☒ **Interpolation durchführen (nach jeder Transformation)**

Interpolationsmethode:
Regelmässiges Gitter

Gitterdatei:
D:\geosuite\TestDaten\TRANSINT\test.gsg

Gittername: tttt (22.01.2013)
Beschreibung: tttre

Interpolationsfunktion:
Bilinear
Biquadratisch
Bikubisch

Auflösung: 1000 m

Koordinatenbereich:
499139 / 109391 m
710139 / 285391 m

Mittlerer Fehler

Start (Inputsystem) Ziel (Outputsystem)
0.0 10.0

Reset OK Abbrechen

Abbildung 8 - 6 - Regelmässiges Gitter

Vorteile:

- sehr schnelle Interpolation auch für grosse Datensätze
- standardisiertes Verfahren
- Stützpunkte werden nicht mehr benötigt
- Einfach an Kunden / Mitarbeiter abzugeben

Nachteile:

- man muss das Gitter vorher erzeugen
- Eventuell 'Knicke' in der Interpolationsfläche
- Passpunkte werden nicht exakt abgebildet
- Eventuell Probleme in Randgebieten
- Extrapolation unmöglich
- Nicht unbedingt umkehrbar (2 verschiedene Gitter für Hin- und Rücktransformation)
- Fineltra (Dreiecksvermaschung):
 - Die Datei der Dreiecksvermaschung (text oder binär)
 - Die Transformationsrichtung (Hin oder Rück-Transformation)
 - Transformationszeitpunkt (falls in der Datei definiert)
 - Optionale Translation der Punkte ausserhalb des Gitter-Perimeters

Bemerkung: Für lokale Anpassungen ist es empfohlen, mit persönlichen Dreiecksvermaschungen zu arbeiten. Zur Zeit können manuell vordefinierte Dreiecksvermaschungen auf GeoSuite erzeugt werden. Zur Zeit können keine Dreiecksvermaschungen von GeoSuite erzeugt werden. Für weitere Informationen siehe

das Kapitel [FINELTRA](#).

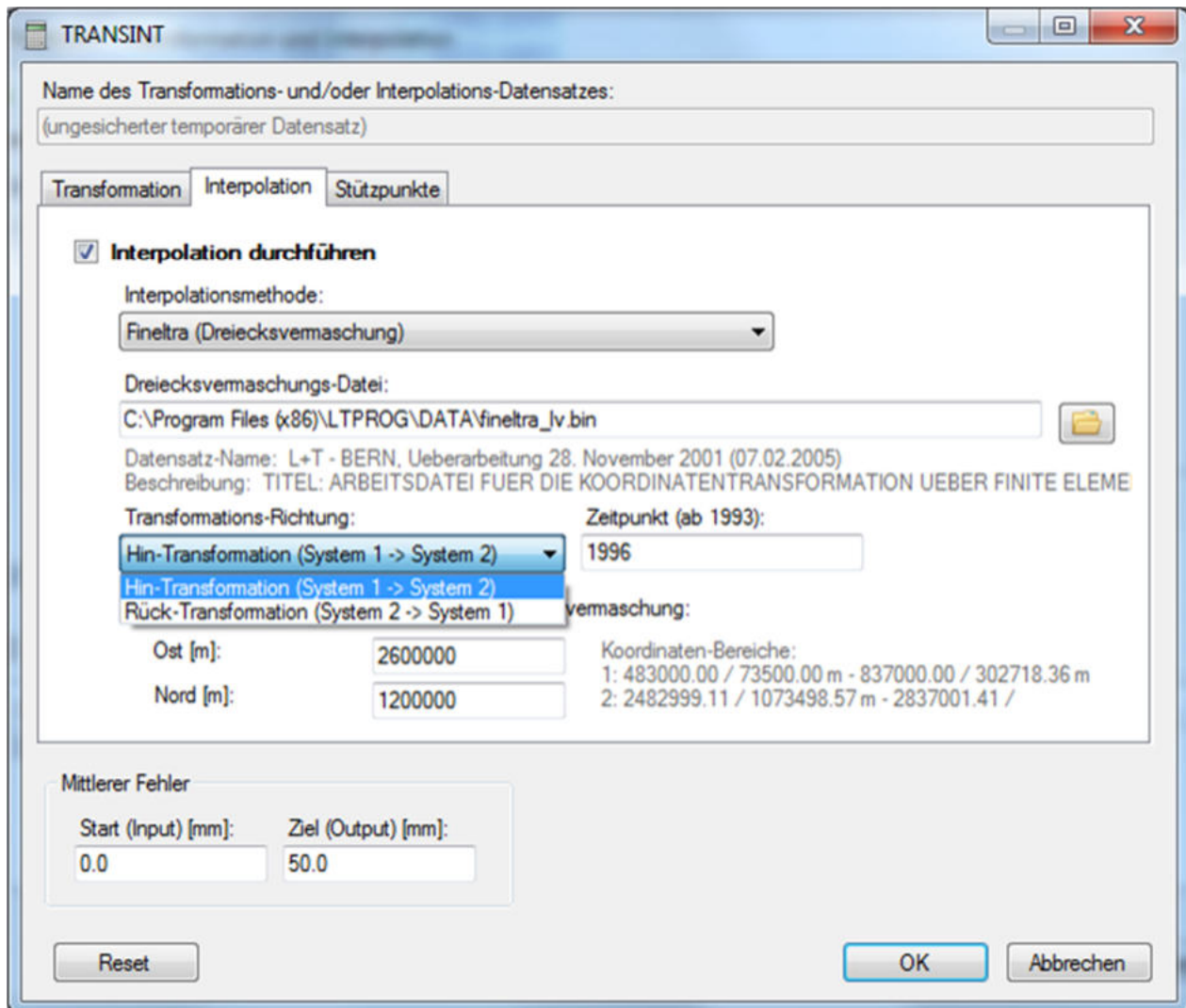


Abbildung 8 - 7 - Fineltra (Dreiecksvermaschung)

Vorteile:

- eindeutig
- umkehrbar
- schnell
- Passpunkte werden strikt transformiert

Nachteile:

- Aufwand beim Aufbau der Dreiecksvermaschung
- Vermaschungsdatei muss extern erzeugt werden

8.3.3 Stützpunkte

Im Tab « Stützpunkte » kann die Liste der Verknüpfungspunkte für die Transformation/Interpolation generiert werden (siehe Abbildung 8 - 4). Es müssen die Start- sowie die Zielkoordinatendatei angegeben werden. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten: Dateien welche bereits in GeoSuite geöffnet sind, können aus einer Liste ausgewählt werden, zusätzliche Dateien können mit der Schaltfläche „öffnen“ hinzugefügt werden.

Aus diesen kann anschliessend über « Passpunkt-Liste bearbeiten... » und « Liste aus gemeinsamen Punkten beider Dateien generieren » die Stützpunktliste erstellt werden. Dabei werden die Punkte über den Punktnamen verknüpft. Alternativ können die Stützpunkte auch manuell eingegeben oder aus einer Datei importiert werden.

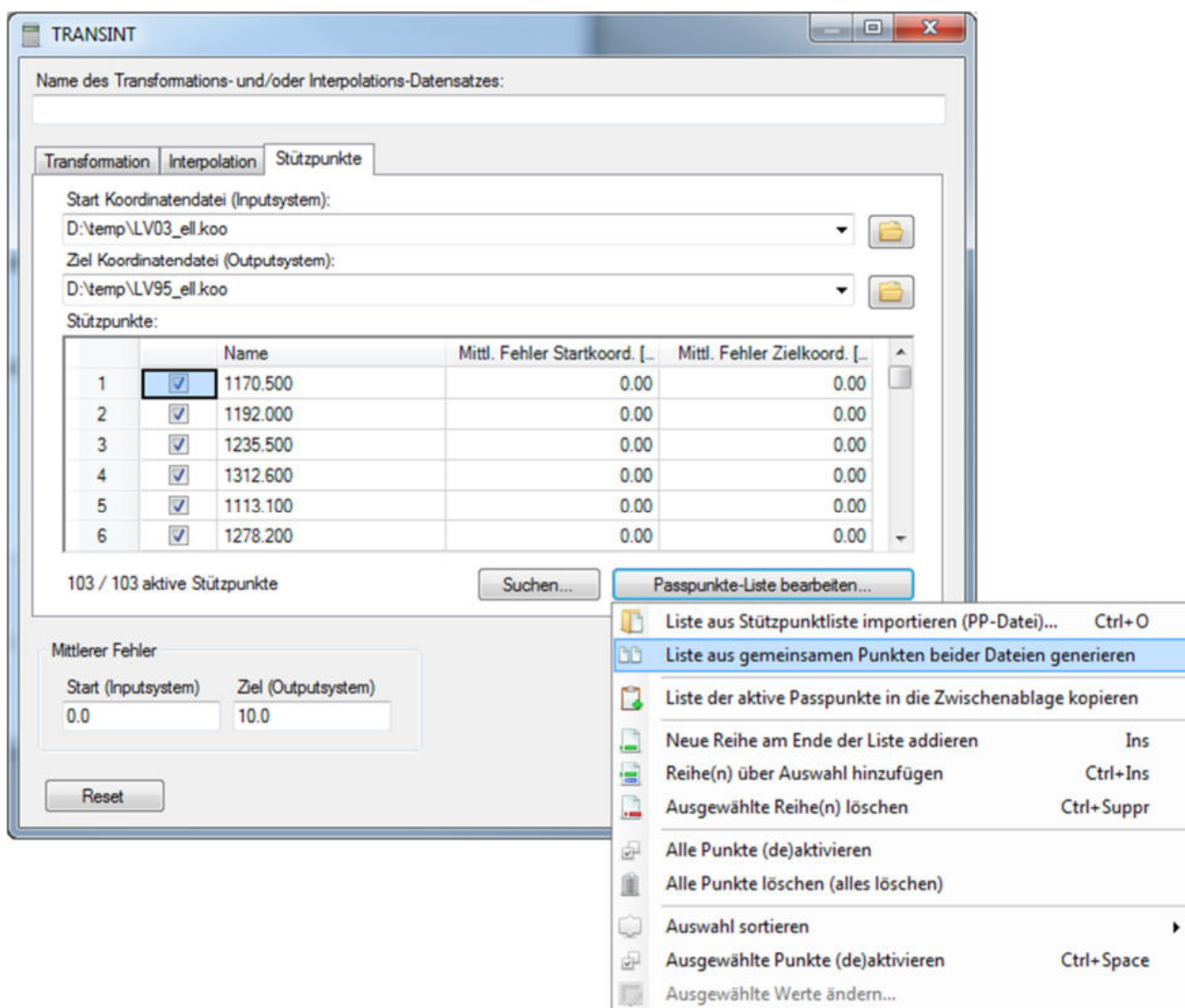


Abbildung 8 - 8: Fenster TRANSINT, Stützpunkte

Die Liste wird anschliessend im entsprechenden Feld aktualisiert. Für die gesamte TRANSINT-Berechnung können die Standardabweichungen der Start- und Zielkoordinaten im unteren Teil des Fensters global gesetzt werden. Es kann aber auch manuell jedem Stützpunkt die Standardabweichung seiner Start- oder Zielkoordinaten zugewiesen werden.

Bemerkung: Die globale Standardabweichung (in GeoSuite noch „mittlerer Fehler“) hat nur einen Einfluss auf die Resultate einer robusten Ausgleichung. Andererseits hat eine individuelle Standardabweichung eines Stützpunktes einen Einfluss auf alle Berechnungen.

Möchte man eine Liste mit den verwendeten Stützpunkten exportieren (z. B. zwecks Dokumentation der Berechnung), kann wie folgt vorgegangen werden:

Klick auf « Passpunkt-Liste bearbeiten... » und anschliessend « Liste der aktiven Punkte in die Zwischenablage kopieren » wählen. Anschliessend kann die Liste in verschiedenste Programme importiert werden (z. B. Microsoft Word oder Excel).

8.4 Anwenden und Ausführen der Berechnungen

Nachdem die [Berechnungsparameter](#) definiert und mit « OK » bestätigt sind, kann die Berechnung auf mehrere (in GeoSuite geöffnete*) Dateien angewendet werden, indem die gewünschten Dateien im Bereich « Anwenden an » ausgewählt werden. Es ist möglich alle Dateien der Liste auszuwählen oder nicht zu wählen, indem mit einem Rechtsklick auf eine der Dateien die entsprechende Option aus dem Rollmenü gewählt wird. Die Berechnung kann schliesslich mit einem Klick auf « Durchführen » gestartet werden.

Die Berechnung läuft im Hintergrund, damit in der Zwischenzeit mit GeoSuite weitergearbeitet werden kann. Es können sogar mehrere Berechnungen gleichzeitig laufen. Am Ende der Berechnung erscheint

jeweils ein Hinweis in einer Dialogbox

* Um dieselbe Berechnung auf mehrere Dateien gleichzeitig anzuwenden, ohne sie vorher im Editor zu öffnen, muss das Werkzeug zur batch-Verarbeitung benutzt werden.

8.5 Resultat-Dateien

Das Berechnungsmodul TRANSINT gibt grundsätzlich drei Resultat-Dateien aus: Die Resultat-Datei mit den neuen Punkt-Koordinaten, das Berechnungsprotokoll und optional eine Datei mit den Differenzen aus Start- und Zieldatei. Diese Dateien werden automatisch in die Projektstruktur integriert und können manuell unter Vergabe eines neuen Namens abgespeichert werden.

Eventuelle Warnungen und Fehler erscheinen im Meldungs-Bereich im unteren Teil der GeoSuite-Oberfläche. Dieses Fenster kann die Fehler der aktiven oder aller Dateien anzeigen. Fehlermeldungen müssen manuell entfernt werden, nachdem ein Problem gelöst wurde, ansonsten bleiben sie solange, bis die Datei geschlossen wird, oder im Fall eines Projektes auf unbestimmte Zeit.

8.6 Interpolationsgitter

Beim Kauf eines Berechnungsmoduls (TRANSINT oder REFRAME), erlaubt GeoSuite die Erstellung und die Zusammensetzung von Interpolationsgittern. Diese Gitter können anschliessend als Datensatz für eine Interpolation mit TRANSINT benutzt werden.

Die Erstellung eines Transformationsgitters geschieht über das Menü « Berechnung – Transformation / Interpolation / Lokale Einpassungen – Interpolationsgitter generieren » worauf das folgende Dialogfenster erscheint (siehe Abbildung 8 - 9).

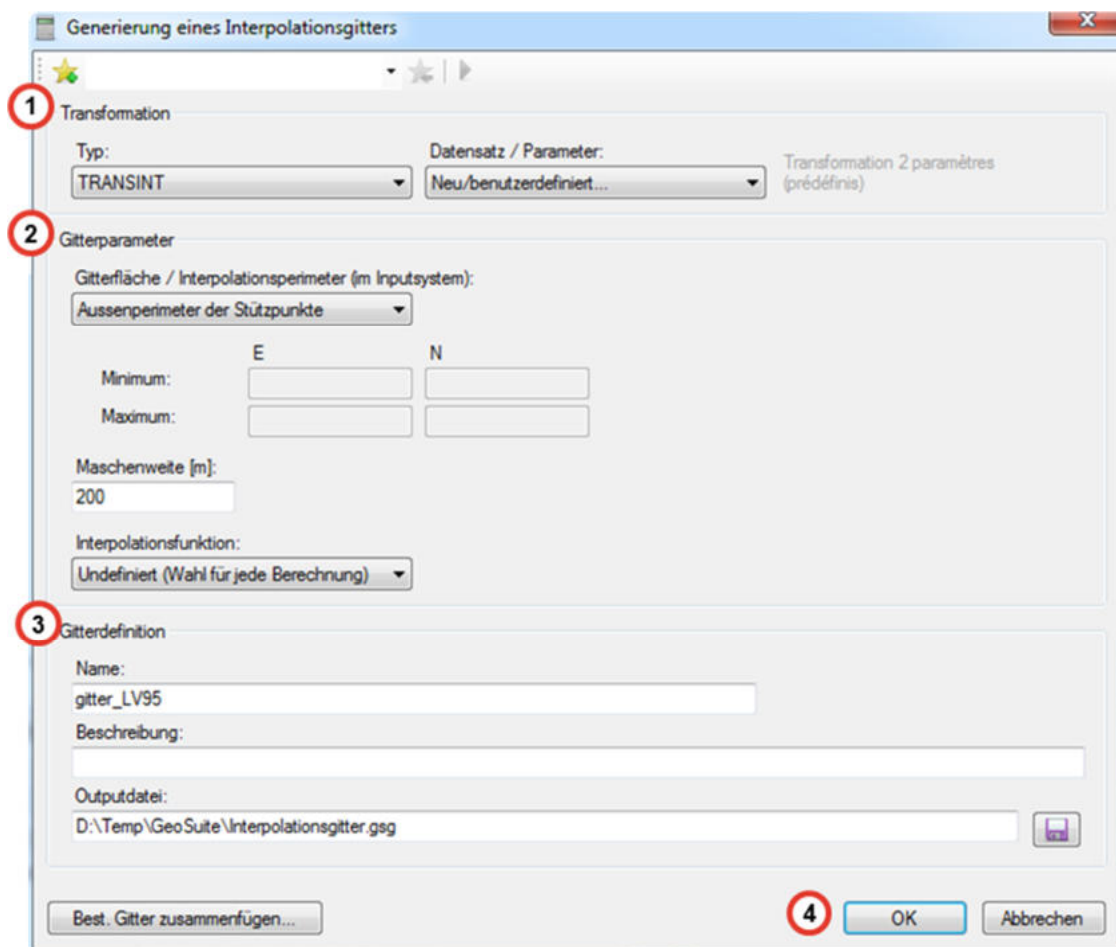


Abbildung 8 - 9: Generierung eines Interpolationsgitters

Die Generierung eines Interpolationsgitters geschieht in vier Schritten:

- ① Wahl des Transformationstyps (TRANSINT oder REFRAME je nach installierten Modulen) und des Datensatzes (CHENyx06 nach/von LV03, nach/von LV95 für REFRAME) oder der zusätzlichen Parameter (vordefinierte Parameter von TRANSINT).
- ② Wahl der Gitterparameter (Interpolationsperimeter, Maschenweite und Interpolationsfunktion).
- ③ Die Gitterdefinition (Name und Beschreibung des Gitters sowie Speicherort des Resultats)
- ④ Die Gittergenerierung ausführen.

Der Gitterperimeter kann aus den Passpunkten berechnet, automatisch aus dem Datensatz swissTLM abgeleitet, oder manuell mit Minimal- und Maximalwerten in Ost und Nord definiert werden.

Falls die Interpolationsfunktion aktiviert wird (bilinear, biquadratisch oder bikubisch), so ist der Gebrauch dieser Methode bei der späteren Benutzung dieses Gitters bei einer Interpolation mit TRANSINT obligatorisch vorgeschrieben. Falls die Interpolationsfunktion hier nicht definiert wird, so kann sie bei jeder Berechnung mit diesem Gitter in TRANSINT frei gewählt werden.

Es existieren sowohl Gitter im GeoSuite-eigenen Binärformat (Erweiterung *.gsg) als auch im ESRI ArcInfo Grid (Erweiterung *.asc), lesbar mit anderen Programmen wie GIS. Damit ein Gitter für eine Berechnung in TRANSINT verwendet werden kann, muss es im GeoSuite-Format generiert worden sein.

Ein Verbund von Interpolationsgittern erlaubt die Verfeinerung der Interpolation nur in bestimmten Zonen (z. B. in Städten) durch ein dichteres Gitter (siehe Abbildung 8 - 6). Die Interpolation des gesamten Gebietes wird damit beschleunigt.

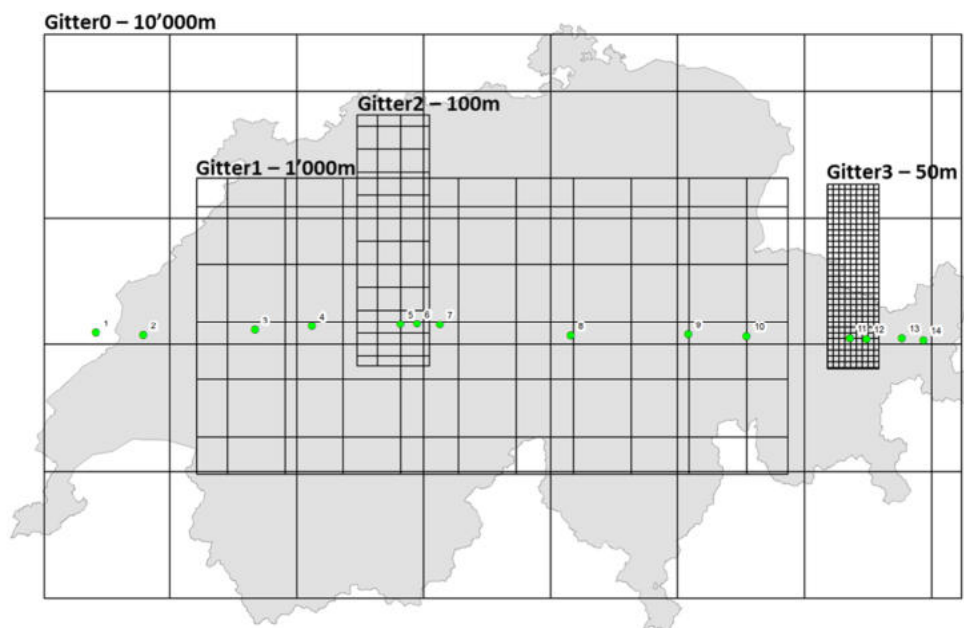


Abbildung 8 - 10: Illustration einer Zusammenfügung von Interpolationsgittern mit unterschiedlichen Dichten

Um Gitter zusammenzufügen, klicken Sie auf die Option « Best. Gitter zusammenfügen... » links unten im Fenster der Gittergenerierung (Abbildung 8 - 5). Der Dialog « Interpolations-Gitter zusammenfügen » (siehe Abbildung 8 - 7) definiert die Input-Gitter und ihre Priorität bei der Interpolation (standardmässig werden die Prioritäten aufgrund der Dichte der Gitter vorgeschlagen), sowie die Eigenschaften des kombinierten Gitters.

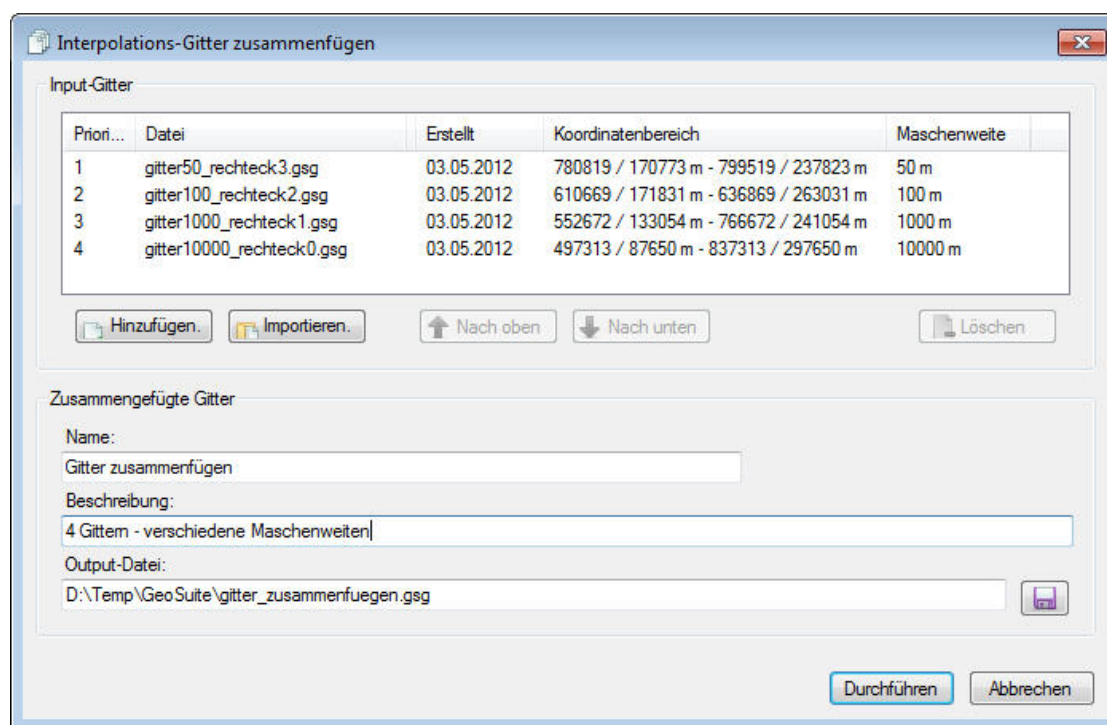


Abbildung 8 - 11: Zusammenfügen von Interpolationsgittern

Bemerkung: Die Option « Hinzufügen... » wird gebraucht, um ein neues Interpolationsgitter hinzuzufügen, während die Option « Importieren... » zum Hinzufügen oder Ändern bestehender Gitterverbunde verwendet wird.

Bei einer Berechnung mit TRANSINT aus einer Zusammensetzung von Gittern, wird für die Interpolation eines bestimmten Punktes das Gitter mit der höchsten Priorität verwendet, welches diesen Punkt abdeckt (Die höchste Priorität entspricht dem Wert « 1 »).

9 Batch-Verarbeitung

9.1 Klassische Version (Benutzeroberfläche)

Die Batch-Transformationen erlauben einerseits, die gleiche Berechnung auf mehrere Dateien gleichzeitig anzuwenden, ohne diese vorab im Editor öffnen zu müssen. Andererseits können geodätische Berechnungen auch auf Dateiformate angewendet werden, die in der Benutzeroberfläche von GeoSuite nicht angezeigt werden können (z. B. DXF, Interlis oder Shapefile).

Das Fenster für die Batch-Transformation wird über das Menü «Werkzeuge – Batch-Transformation» aufgerufen, oder aber durch Klicken auf das Icon , oder mit dem Tastaturkürzel «Ctrl+B». Das Fenster zur Batch-Transformation enthält mehrere Reiter (siehe Abbildung 9 - 1 bis 9 - 4).

Im oberen Teil des Fensters kann eine Aufgabe mit dem Icon  im Format .gsj gespeichert werden. Danach kann die Aufgabe mit  geöffnet und mit  ausgeführt werden. Im untersten Teil des Fensters ist es möglich zu wählen, dass der Computer nach dem Ausführen des Batches heruntergefahren wird.

Die Liste der zu transformierenden Dateien wird im Reiter «Datei(en) zu transformieren» angezeigt (siehe Abbildung 9 - 1). Eine Datei wird aus der Liste mit dem Knopf «Löschen» entfernt. Beim Hinzufügen einer Datei in den Formaten AutoCAD DXF, Adalin One oder INTERLIS 1, erscheint ein neuer Reiter mit formatspezifischen Optionen.

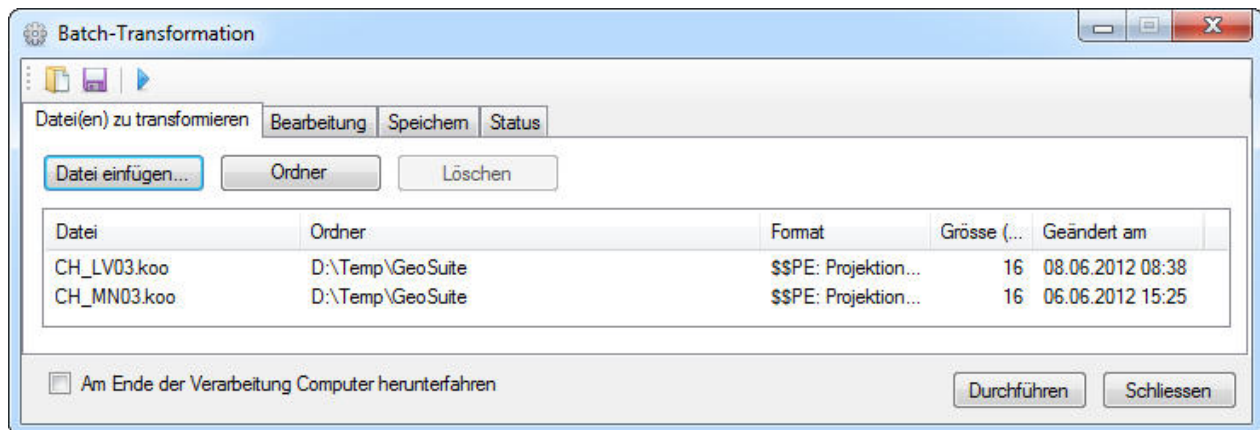


Abbildung 9 - 1: Batch-Transformation – Datei(en) zu transformieren

Verschiedene Rechenmodule können im Reiter «Bearbeitung» hinzugefügt und gewählt werden (siehe Abbildung 9 - 2). Zurzeit ist es nur möglich, ein einzelnes Modul gleichzeitig zu wählen.

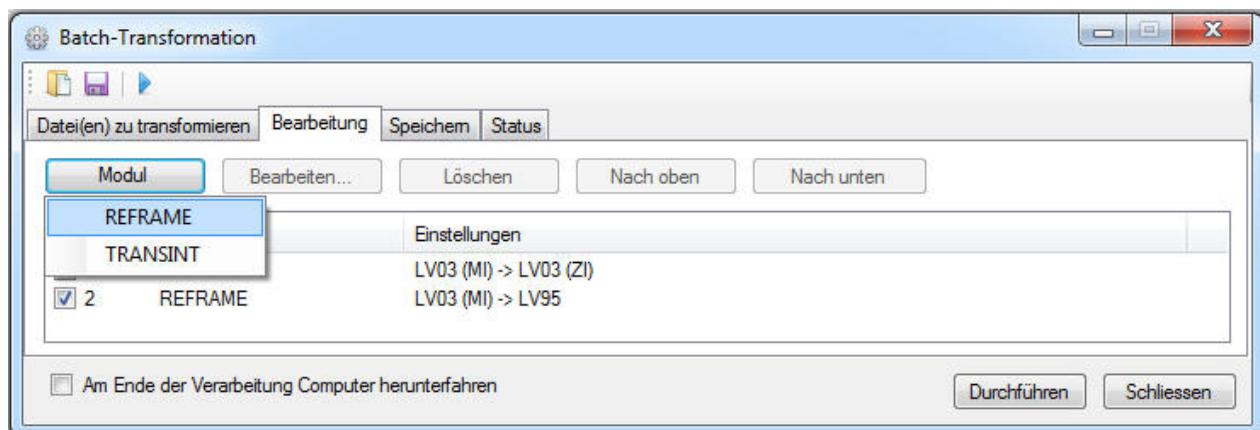


Abbildung 9 - 2: Batch-Transformation – Bearbeitung

Der Reiter «Speichern» (Abbildung 9 - 3) erlaubt den Speicherort festzulegen und fügt ein Suffix an die Namen der erzeugten Dateien. Es ist auch möglich eine Log-Datei der Berechnungen für jede einzelne transformierte Datei zu erzeugen.



Abbildung 9 - 3: Batch-Transformation – Speichern

Der Reiter «Status» zeigt den Fortschritt bei der Verarbeitung jeder einzelnen Datei an (siehe Abbildung 9 - 4). Eine Berechnung kann jederzeit durch das Drücken des Knopfes «Pause» unterbrochen oder mit dem Knopf «Abbrechen» ganz gestoppt werden.

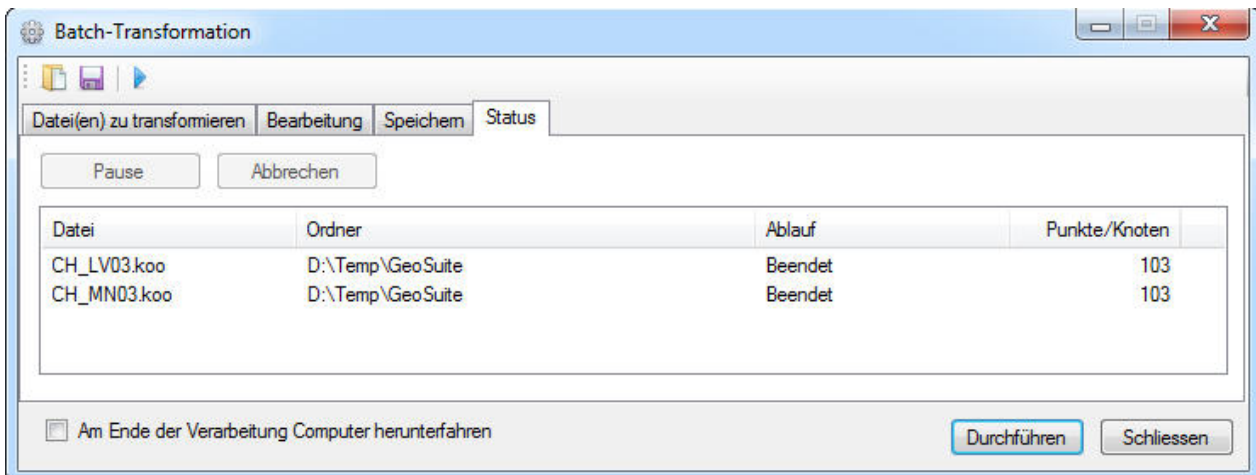


Abbildung 9 - 4: Batch-Transformation – Status

Bemerkung: Es ist möglich, eine Verknüpfung direkt auf die Batch-Transformation zu erstellen. Dazu muss zunächst eine Verknüpfung auf das Programm GeoSuite erzeugt werden. Danach kann im Reiter «Verknüpfung» des Eigenschaften-Fensters (Rechtsklick auf die Verknüpfung, danach «Eigenschaften»), das Feld «Ziel» mit "-batch" (nach einem Leerzeichen) ergänzt werden (z. B.: GeoSuite.exe -batch). Zum Abschluss auf «Übernehmen» und «OK» klicken.

9.2 Konsolen-Version

9.2.1 Allgemein

„GeoSuiteCmd.exe“ ist die Konsolenversion von GeoSuite, die „REFRAME-“ oder „TRANSINT“-Berechnungen erlaubt. Mit GeoSuite 1.7 ist sie ausschliesslich als 64-Bit-Version verfügbar.

Um GeoSuite über die Konsole zu verwenden, muss die ausführbare Datei GeoSuiteCmd.exe mit den erforderlichen Argumenten aufgerufen werden.

GeoSuiteCmd.exe kann auch unter Linux durchgeführt werden. Dafür muss die Software-Plattform „Mono“ (<http://www.mono-project.com/>) installiert werden. GeoSuite Konsole kann dann mit dem Befehl „mono GeoSuiteCmd.exe“ ausgeführt werden, gefolgt von den erforderlichen Argumenten.

9.2.2 REFRAME

Die nötigen (und fakultativen) Parameter sind die folgenden:

Tabelle 9 - 1: Mögliche Parameter

Befehl	Pflicht	Beschreibung
-calc reframe	ja	Definiert, dass das REFRAME-Modul verwendet werden soll.
-in Datei	ja	Kompletter Pfad der zu transformierenden Quelldatei. Die unterstützten Formate sind dieselben wie in der Client-Version.
-out Datei	ja	Kompletter Pfad der zu erstellenden Ausgabedatei (Format identisch mit der Quelldatei).
-overwrite	nein	Vorhandene Ausgabedatei wird überschrieben. Ansonsten wird die Verarbeitung mit einer Fehlermeldung abgebrochen, falls die Ausgabedatei bereits existiert.
-pframes Rahmen1,Rahmen2	nein	Lage-Bezugsrahmen (und Formate) für Input und Output, getrennt durch ein Komma. Wird dieser Parameter nicht eingegeben, so wird keine Lage-Transformation durchgeführt. Erkannte Namen der Rahmen (Gross-/Kleinschreibung unwichtig): - lv03-mi: Landesvermessung LV03, Militärkoordinaten - lv03-zi: Landesvermessung LV03, Zivilkoordinaten - lv95: Landesvermessung LV95 - utm31: UTM ebene Koordinaten ETRF93/CHTRF95 [m], in der Zone 31 - utm32: UTM ebene Koordinaten ETRF93/CHTRF95 [m], in der Zone 32 - etrf93-3d: geozentrische Koordinaten ETRF93/CHTRF95 [m] - etrf93-el: geografische Koordinaten ETRF93/CHTRF95 [° ' ''] - etrf93-em: geografische Koordinaten ETRF93/CHTRF95 [° '] - etrf93-ed: geografische Koordinaten ETRF93/CHTRF95 [°] - etrf93-en: geografische Koordinaten ETRF93/CHTRF95 [gon]
-aframes Rahmen1,Rahmen2	nein	Höhen-Bezugsrahmen für Input und Output, getrennt durch ein Komma. Wird dieser Parameter nicht eingegeben, so wird keine Höhen-Transformation durchgeführt. Erkannte Namen der Rahmen (Gross-/Kleinschreibung unwichtig): - ln02: Gebrauchshöhen (Landesnivellement 1902) - lhn95: orth. Höhen (Landeshöhennetz 1995, Geoid 2004) - chgeo98: prov. orth. Höhen (Geoid 1998) - ellipsoid: ellipsoidische Höhen (Bessel oder GRS80)
-decimals Anz_Stellen_DXF	nein	Anzahl Nachkommastellen in der Ausgabedatei für die Transformation von DXF-Zeichnungen. Default: 3 Stellen.
-ili Datei	nein	Kompletter Pfad der Interlis-Modelldatei (ILI), falls die zu verarbeitende Eingabedatei im Interlis 1-Format (ITF) oder Adalin ONE-Format vorliegt. Falls Transformationsregeln mit der GeoSuite Anwendung definiert worden sind, ist es möglich, diese Regeln zu verwenden. Dazu muss dann nicht die ILI-Datei, sondern die Regeldatei angegeben werden. Diese Datei ("ilimodelnames.xml") befindet sich standardmässig unter: <i>C:\Benutzer\[Benutzername]\AppData\Roaming\swisstopo\GeoSuite Transformers\ilimodelnames.xml</i>. Die Standard-Regeln befinden sich im Original-Archiv im selben Ordner

		wie "GeoSuiteCmd.exe" (die "ili" Ordner enthält die entsprechenden Modelle).
-imgmode Modus	nein	Definiert die Transformationsmethode bei einer Rasterdatentransformation: • 1: Individuelle Transformation (Default) • 2: lokales Mosaik (hohe Auflösung) • 3: Translation 2'000'000 / 1'000'000 (Mosaik mit geringer Auflösung)
-imganchor Ref_Punkt	nein	Nur bei der Transformation von Rasterdaten nach Methode „2“ benötigt: Erlaubt die Angabe des Referenzpunktes bezüglich welchem die FINELTRA-Transformation berechnet wird (im Prinzip der Schwerpunkt des Mosaiks). Format: Ostwert und Nordwert, getrennt durch ein Komma (Bsp.: „600000,200000“).
-imgroundpix runden?	nein	Bestimmt bei der Rastertransformation, ob die transformierten Koordinaten auf die Bildauflösung (Pixelgrösse) gerundet werden sollen („1“ = ja, „0“ = nein). Default: nein.
-log Datei	nein	Kompletter Pfad der zu erzeugenden globalen Protokolldatei (eine einzige Logdatei für alle Transformationen). Diese Datei enthält eine Beschreibung der durchgeführten Transformationen und alle Warnungen in der Sprache, welche mit der Option „-lang“ festgelegt worden ist (siehe unten).
-logs	nein	Eine Protokolldatei für jede transformierte Quelldatei erstellen. Der Pfad der Logdatei wird identisch zur Ausgabedatei („-out“) sein, mit „.log“ Dateiendung. Sprache der Texte ist mit der Option „-lang“ festgelegt (siehe unten).
-err Datei	nein	Warnungen- und Fehlerdatei. Diese Datei wird nur geschrieben, wenn ein Fehler auftritt. Sie enthält dann die Fehlermeldung in der mit „-lang“ (siehe unten) angegebenen Sprache. Wenn diese Datei nach einer Transformation gefunden werden kann, bedeutet das, dass die Umwandlung nicht ganz erfolgreich war. Wenn diese Datei nicht vorhanden ist, kann gefolgert werden, dass die Transformation ohne Probleme durchgeführt worden ist.
-lang Sprache	nein	Zu benutzende Sprache für die Fehlermeldungen am Bildschirm (Konsole) und in der Protokolldatei (falls „-log(s)“ angegeben wurde). Wenn dieses Argument nicht angegeben wird, so wird die Sprache des Benutzerprofils gewählt (sofern von GeoSuite unterstützt, andernfalls Englisch). Namen der erkannten Sprachen (Gross-/Kleinschreibung unwichtig): • de: deutsch • en: englisch • fr: französisch

Achtung:

Die Parameter müssen in "Anführungszeichen" geschrieben werden, falls sie Leerzeichen enthalten (z. B. für die Dateinamen).

9.2.3 TRANSINT

Die nötigen (und fakultativen) Parameter sind die folgenden:

Tabelle 9 - 2: Mögliche Parameter

Befehl	Pflicht	Beschreibung
--------	---------	--------------

-calc transint	ja	Definiert, dass das TRANSINT-Modul verwendet werden soll.
-in Datei	ja	Kompletter Pfad der zu transformierenden Quelldatei. Die unterstützten Formate sind dieselben wie in der Client-Version.
-out Datei	ja	Kompletter Pfad der zu erstellenden Ausgabedatei (Format identisch mit der Quelldatei).
-overwrite	nein	Vorhandene Ausgabedatei wird überschrieben. Ansonsten wird die Verarbeitung mit einer Fehlermeldung abgebrochen, falls die Ausgabedatei bereits existiert.
-decimals Anz_Stellen_D XF	nein	Anzahl Nachkommastellen in der Ausgabedatei für die Transformation von DXF-Zeichnungen. Default: 3 Stellen.
-ili Datei	nein	Kompletter Pfad der Interlis-Modelldatei (ILI), falls die zu verarbeitende Eingabedatei im Interlis 1-Format (ITF) oder Adalin ONE-Format vorliegt. Falls Transformationsregeln mit der GeoSuite Anwendung definiert worden sind, ist es möglich, diese Regeln zu verwenden. Dazu muss dann nicht die ILI-Datei, sondern die Regeldatei angegeben werden. Diese Datei ("ilimodelnames.xml") befindet sich standardmässig unter: <i>C:\Benutzer\[Benutzername]\AppData\Roaming\swisstopo\GeoSuite\Transformers\ilimodelnames.xml</i> . Die Standard-Regeln befinden sich im Original-Archiv im selben Ordner wie "GeoSuiteCmd.exe" (die "ili" Ordner enthält die entsprechenden Modelle).
-dataset Datei	ja	Kompletter Pfad der TRANSINT-Parameterdatei (Transformationsdatensatz). Diese Datei muss zuerst mit Standardversion von GeoSuite (TRANSINT-Modul) erstellt werden. Standardmässig ist diese Datei im Benutzerprofil in den Anwendungsparametern gespeichert (C:\Users\#BENUTZERNAME#\AppData\Roaming\swisstopo\GeoSuite\Transformers). Dateiname ist der Datensatz-Name, mit „dat“ Endung. Per Pfad kann unterschiedlich sein, wenn dieser in den Allgemeinen Optionen geändert wurde („Verzeichnisse“ - „Berechnungsparameter-, ...“).
-log Datei	nein	Kompletter Pfad der zu erzeugenden globalen Protokolldatei (eine einzige Logdatei für alle Transformationen). Diese Datei enthält eine Beschreibung der durchgeführten Transformationen und alle Warnungen in der Sprache, welche mit der Option „-lang“ festgelegt worden ist (siehe unten).
-logs	nein	Eine Protokolldatei für jede transformierte Quelldatei erstellen. Der Pfad der Logdatei wird identisch zur Ausgabedatei („-out“) sein, mit „log“ Dateiendung. Sprache der Texte ist mit der Option „-lang“ festgelegt (siehe unten).
-err Datei	nein	Warnungen- und Fehlerdatei. Diese Datei wird nur geschrieben, wenn ein Fehler auftritt. Sie enthält dann die Fehlermeldung in der mit „-lang“ (siehe unten) angegebenen Sprache. Wenn diese Datei nach einer Transformation gefunden werden kann, bedeutet das, dass die Umwandlung nicht ganz erfolgreich war. Wenn diese Datei nicht vorhanden ist, kann gefolgert werden, dass die Transformation ohne Probleme durchgeführt worden ist.
-lang Sprache	nein	Zu benutzende Sprache für die Fehlermeldungen am Bildschirm (Konsole) und in der Protokolldatei (falls „-log(s)“ angegeben wurde). Wenn dieses Argument nicht angegeben wird, so wird die Sprache des Benutzerprofils gewählt (sofern von GeoSuite unterstützt, andernfalls Englisch). Namen der erkannten Sprachen (Gross-/Kleinschreibung unwichtig): • de: deutsch • en: englisch • fr: französisch

Achtung:

Die Parameter müssen in "Anführungszeichen" geschrieben werden, falls sie Leerzeichen enthalten (z. B. für die Dateinamen).

9.3 Besonderheiten für einige Dateiformate, die nur in der Batch-Verarbeitung unterstützt werden**9.3.1 ESRI Shapefile / QGIS**

Shape-Dateien (ESRI Shapefile) können direkt transformiert werden, unabhängig von ihrem Inhaltstyp (2D/3D-Punkte, Polylinien, Polygone oder gemischt).

Nur die Datei, welche die Geometrie enthält (*.shp; unabhängig von der ArcGIS-Version mit welchem es erzeugt wurde) ist nötig. Falls aber eine Datei mit der Definition des Bezugssystems (*.prj) vorhanden ist, kontrolliert GeoSuite, ob es mit den Benutzereingaben kompatibel ist. Falls ein Bezugsrahmenwechsel in der Lage berechnet wird, so wird automatisch eine neue Datei *.prj erzeugt um die transformierten Daten direkt in ArcView betrachten zu können, ohne dass man das zu benutzende Koordinatensystem noch einmal definieren muss.

Bemerkung: Geozentrische Koordinaten werden im Shape-Format nicht unterstützt.

Die weiteren mit der *.shp Datei verbundenen Dateien (*.dbf und *.shx) werden nicht verändert, sondern nur ins Zielverzeichnis mit dem neuen Dateinamen kopiert.

Achtung:

Die Dateien des räumlichen Index (*.sbn, *.sbx, *.fbn oder *.fbx) werden nicht kopiert (bereits existierende Dateien werden sogar gelöscht), da sie Fehler in der Darstellung und der Datenintegrität verursachen können. Nach einem Bezugsrahmenwechsel und somit einer Koordinatentransformation müssen diese Indexe neu initialisiert werden. Dies geschieht falls nötig automatisch, kann aber auch manuell in der Anwendung ESRI ArcCatalog erreicht werden.

Die meisten aktuellen GIS-Programme (ArcGIS, Geomedia, MapInfo, etc.) können Shape-Dateien einlesen oder erzeugen.

Problem mit QGIS:

Eine mit GeoSuite transformierte Datei wird manchmal nicht korrekt in QGIS angezeigt: es gibt keine Fehlermeldung, aber keine Geometrie ist auf dem Bildschirm sichtbar. In diesem Fall handelt es sich in der Regel um ein räumliches Indexproblem. Wenn ArcMap diesen Index automatisch neu generiert, ist dies bei QGIS nicht der Fall. In diesem Fall speichern Sie die Shape-Datei einfach erneut aus QGIS: Wählen Sie im Ebenenbaum das betreffende Element aus und speichern Sie es unter (rechte Taste) eine neue Shape-Datei (oder über die alte).

9.3.2 AutoCAD DXF-Zeichnungen

GeoSuite verarbeitet geometrische Objekte unabhängig von ihrem Typ, ihren Attributen und ihrer Darstellung. So können alle DXF-Versionen verarbeitet werden, auch solche mit einer neueren Version als AutoCAD 14. Ebenfalls werden alle Geometrie-Typen (Punkte, Linien, Polygone, Kurven, Körper, etc.) transformiert.

Die verschiedenen Header-Informationen (Koordinatenfenster, Definitionsbereich) werden ebenfalls transformiert.

Die Ausgangs-Koordinaten können entweder Projektionskoordinaten oder geografische Koordinaten (im Dezimalformat in Alt- oder Neugrad) sein. Geozentrische Koordinaten und geografische Koordinaten im Format Grad, Minuten, Sekunden werden im DXF-Format nicht unterstützt.

Die Dateinamenerweiterung ist ohne Bedeutung, aber es wird die Extension *.dxf vorgeschlagen.

Die meisten aktuellen CAD- und GIS-Programme (AutoCAD, MicroStation, ArcGIS, Geomedia, MapInfo, etc.) können DXF-Dateien einlesen oder erzeugen.

9.3.3 Transferdateien im Format Interlis 1

Interlis 1 Dateien können direkt und unabhängig vom verwendeten Datenmodell transformiert werden.

Deshalb verlangt GeoSuite nicht nur die Datei mit den geografischen Informationen *.itf, sondern auch die zugehörige Datei mit der Definition des Datenmodells *.ili (zum Beispiel das Modell der amtlichen Vermessung des Bundes oder eines Kantons).

Nach der Transformation wird eine neue Datei des Datenmodells erzeugt, da der Definitionsbereich der Objekte (Koordinaten-Fenster) bei einem Bezugsrahmenwechsel ebenfalls angepasst werden muss.

Bei Problemen mit der Transformation empfehlen wir, die Datenintegrität der ITF und ILI Dateien mit einem Interlis-Compiler zu überprüfen.

Die Dateien im Adalin One Format, welches auf Interlis 1 basiert, werden auf dieselbe Art behandelt wie die ITF-Dateien. Ein ILI-Datenmodell wird ebenfalls benötigt.

10 Theoretische Grundlagen

10.1 LTOP

10.1.1 Die Zuverlässigkeitsindikatoren

Als eine der wichtigsten Neuerungen der neuen Programmversion kann die Berechnung der Diagonalelemente der Qvv-Matrix sowohl für die Lage wie für die Höhe angesehen werden. Aus ihnen lassen sich für jede Beobachtung die nachstehend beschriebenen Indikatoren ableiten. Sie haben gegenüber globalen Testgrössen den Vorteil, dass sie viel empfindlicher auf die lokalen Verhältnisse ansprechen und es damit gestatten, im gleichen Durchgang mehrere und auch kleinere Netzschwächen und Fehler aufzudecken. Allerdings liegt dem Verfahren die Annahme zugrunde, dass lokal immer nur ein Fehler aufs Mal auftritt. Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, kann es sein, dass sich die Fehler so überlagern, dass sie nicht mehr entdeckt werden können.

Im Rahmen der Reform der amtlichen Vermessung (RAV) sind 4 Zuverlässigkeitsindikatoren vorgeschlagen worden, welche in der amtlichen Vermessung allgemein verwendet werden sollen:

- Beim lokalen Zuverlässigkeitsindikator z_i handelt es sich um eine dimensionslose Zahl, deren Wert zwischen 0 und 1 resp. 0 und 100% liegt. Die Summe aller z_i entspricht gerade der Anzahl der Freiheitsgrade (oder Überbestimmungen) des Netzes. Die einzelnen Werte geben deshalb an, wie sich die Überbestimmungen auf die Beobachtungen verteilen.
- Beim robusten, lokalen Zuverlässigkeitsindikator R-ZI handelt es sich um eine zu z_i analoge Grösse mit dem Unterschied, dass für die Berechnung der R-ZI die mit einem groben Fehler behafteten Beobachtungen ein geringeres Gewicht erhalten. Die R-ZI werden nur bei der robusten Ausgleichung und nur a posteriori berechnet.

Der Indikator z_i hängt im Wesentlichen von der Netzgeometrie, der Wahl der Fixpunkte und der Gewichtswahl ab. Er lässt sich deshalb schon vor der Messung auf Grund des Netzentwurfes und der mittleren Fehler a priori an den Beobachtungen berechnen.

- Der kleinste noch entdeckbare Fehler NABLA in cc oder mm ist für jede Beobachtung angegeben.
- Die normierte Verbesserung w_i ist eine dimensionslose Zahl. In der Regel wird 2.5 als Grenzwert für fehlerfreie Beobachtungen betrachtet, was beim Freiheitsgrad 1 einem Irrtumsrisiko 1. Art von 1% entspricht.
- Die vermutliche Grösse eines groben Fehlers g_i gibt an, wie gross ein grober Fehler an der betreffenden Beobachtung sein müsste, um die auftretenden w_i zu erklären. Dieser Indikator wird für Distanzen und Höhendifferenzen in mm, für die Richtungen in Sekunden angegeben.
- Analog zu g_i wird bei der robusten Ausgleichung eine Grösse R-GI berechnet, die einen Hinweis auf die Grössenordnung des auftretenden groben Fehlers der entsprechenden Beobachtung gibt.

Die letzten drei Indikatoren geben einen Hinweis auf die Qualität der Beobachtungen und können nur a posteriori berechnet werden.

- Die Indikatoren NA, NB, AZI(NA), NH der äusseren Zuverlässigkeit (in mm) sind für jeden Neupunkt angegeben.
- Die relativen Zuverlässigkeitsrechtecke zwischen je zwei Neupunkten können auf Wunsch ebenfalls berechnet werden. Die entsprechenden Indikatoren NA, NB und AZI(NA) beziehen sich auf die Koordinatenunterschiede der beiden betroffenen Punkte.

Interpretation der Indikatoren und Wahl der Toleranzwerte

Der lokale Zuverlässigkeitsindikator z_i gibt eine gute Information über die Zuverlässigkeit des Netzes. Er kann wie folgt interpretiert werden:

$z_i =$	0%	Die Beobachtung ist nicht kontrolliert
$z_i =$	25%	Die Beobachtung ist genügend kontrolliert
$z_i =$	100%	Die Beobachtung ist perfekt kontrolliert, wie z.B. eine Beobachtung zwischen zwei Festpunkten.

In einem guten Triangulationsnetz sollten die z_i zwischen ca. 25% und ca. 60% liegen. Häufige Werte über 70-80% können bedeuten, dass das Netz zu stark überbestimmt ist und noch optimiert werden sollte. Werte unter 25% können akzeptiert werden, wenn die äussere Zuverlässigkeit (NA, NB) in der Toleranz

bleibt.

Für den robusten, lokalen Zuverlässigkeitsindikator R-ZI gelten die gleichen Interpretationsrichtlinien wie für zi.

Die normierte Verbesserung wi kann wie folgt interpretiert werden:

$w_i < 3.5$ Die Beobachtung ist gut

$w_i > 3.5$ Ein Fehler in der Beobachtung ist möglich. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein grober Fehler vorhanden ist, wächst mit der Grösse von wi.

Die vermutliche Grösse eines groben Fehlers gi gibt nur einen Hinweis auf die Grössenordnung und das Vorzeichen eines möglichen Fehlers.

Im Falle von robuster Ausgleichung wird die vermutliche Grösse eines groben Fehlers in der Kolonne R-GI beschrieben.

Die Indikatoren geben nur dann eine sinnvolle Aussage, wenn das zu Grunde liegende stochastische Modell realistisch ist, d.h., wenn die Wahl der mittleren Fehler a priori für die Beobachtungen den tatsächlichen Verhältnissen angepasst ist. Unvernünftige mittlere Fehler für eine Beobachtung oder eine Messgruppe können die Beurteilung verfälschen. Wird z.B. eine Distanz als Hinmessung mit einem grösseren mittleren Fehler als dem der Rückmessung eingeführt, so kann die Rückmessung schwach oder nicht kontrolliert sein.

Der theoretische Hintergrund der Indikatoren

Die Theorie, die diesen Tests zugrunde liegt, geht auf Baarda zurück und kann beispielsweise in [Referenz \[21\]](#) nachgelesen werden. Im Folgenden werden die im LTOP realisierten Indikatoren eingehender beschrieben.

a) Der lokale Zuverlässigkeitsindikator zi

$$z_i = \frac{q_{v_i v_i}}{q_{i i}}$$

Zähler und Nenner werden durch die i-ten Diagonalelemente der Varianz-Kovarianz-Matrizen der Verbesserungen resp. der Beobachtungen gebildet.

Die Summe aller zi entspricht gerade der Anzahl Freiheitsgrade (oder Überbestimmungen) des Netzes. Davon leitet sich auch die ebenfalls gebräuchliche Bezeichnung Redundanzanteil ab. Diese Indikatoren geben an, wie sich die Überbestimmungen auf die Beobachtungen verteilen. Der Wert 0% bedeutet, dass die betreffende Beobachtung durch das Netz überhaupt nicht kontrolliert wird. Um zu vermeiden, dass grobe Fehler in dieser Beobachtung unentdeckt bleiben und somit das Ergebnis verfälschen, sind weitere Beobachtungen notwendig. Je näher der Wert bei 100% liegt, desto besser wird die Beobachtung durch das Netz kontrolliert.

Der Indikator hängt primär von der Geometrie des Netzes ab. Zum Beispiel ergeben zwei unabhängige, getrennt in die Berechnung eingeführte Beobachtungen je nach Einfluss einer allfälligen Orientierungs- oder Massstabsunbekannten den Wert von 50% oder weniger. In einem isolierten, gleichseitigen Dreieck, in dem in jeder Ecke die Richtungen zu den beiden anderen Ecken gemessen wurde, erhalten alle Richtungen einen Wert von 16.7% (1/6). Desgleichen erhalten die Seiten in einem ohne Massstabsunbekannte ausgeglichenen, gestreckten Polygonzug mit 6 Seiten je den Wert von 16.7%, weil sich ein Freiheitsgrad auf 6 Seiten verteilt.

Haben die Beobachtungen ungleiches Gewicht, wird die Redundanz ungleich auf die Beobachtungen verteilt. Beobachtungen mit hohem Gewicht (oder kleinem mittlerem Fehler a priori) werden durch die anderen weniger gut kontrolliert und erhalten dadurch ein kleineres zi. Umgekehrt werden ungenauere Beobachtungen durch genauere besser kontrolliert und erhalten ein grösseres zi. Sind die Werte zu hoch, kann das Netz noch ausgedünnt und damit kostenmässig günstiger gestaltet werden. Liegen die Werte zu tief, sollten zusätzliche Beobachtungen vorgesehen werden, damit die Zuverlässigkeit der Ergebnisse gewährleistet werden kann. Es ist deshalb sehr zu empfehlen, vor der Messkampagne eine Präanalyse durchzuführen. Wenn die Netzkonfiguration und realistische Schätzungen für die Messgenauigkeit eingegeben werden, liefert der lokale Zuverlässigkeitsindikator wertvolle Hinweise für die Optimierung der Netzanlage. Es ist zu beachten, dass beim Höhenausgleich die Höhendifferenzen ausgeglichen werden. Damit die Zuverlässigkeitsindikatoren ebenso aussagekräftig sind wie im Lageausgleich, muss darauf verzichtet werden, gegenseitige Beobachtungen zu mitteln.

Für den robusten, lokalen Zuverlässigkeitsindikator R-ZI gilt:

$$R - ZI = z_i^* = \frac{q_{v_i v_i}^*}{q_{z_i z_i}^*}$$

Die i-ten Diagonalelemente der Varianz-Kovarianz-Matrizen der Verbesserungen resp. der Beobachtungen werden mit den Gewichten π_i^* berechnet. Für diese Gewichte gilt:

- $\pi_i^* =$ ursprüngliches Gewicht, falls die Beobachtung keinen groben Fehler aufweist ($|w_i| < \text{Crob}$)
 $\pi_i^* =$ reduziertes Gewicht, falls die Beobachtung einen groben Fehler aufweist ($|w_i| \geq \text{Crob}$)

Der Indikator hängt einerseits von der Geometrie des Netzes, andererseits aber auch von der Anzahl grober Fehler und somit auch von der Grösse des Grenzwertes Crob ab. Er ist somit nur a posteriori bestimmbar. Ansonsten gelten für diesen Indikator die gleichen Bemerkungen wie für den Indikator z_i .

b) Die normierte Verbesserung w_i

Bei der herkömmlichen Beurteilung wurde hauptsächlich auf die Verbesserungen geachtet. Grosse Verbesserungen deuteten auf grobe Fehler hin. Dabei ergab sich aber die Schwierigkeit, dass die Verbesserung einer nur schwach kontrollierten Beobachtung nur einen kleinen Teil des tatsächlich vorhandenen Fehlers sichtbar machte. Diesem Umstand trägt die dritte Prüfgrösse Rechnung:

$$w_i = \frac{v_i}{\sigma_{\sqrt{q_{v_i v_i}}}} = \frac{v_i}{m_{v_i}}$$

Im Zähler steht die betreffende Verbesserung, im Nenner deren Standardabweichung. Grosse Werte zeigen in jedem Fall eine schlechte Übereinstimmung zwischen den Beobachtungen oder zwischen den Beobachtungen und den Koordinaten der Anschlusspunkte an.

Wenn bisher jene Beobachtungen unter die Lupe genommen wurden, die eine Verbesserung aufwiesen, die den zweifachen mittleren Fehler überstiegen, können jetzt entsprechend alle Beobachtungen untersucht werden, bei denen der Betrag der normierten Verbesserung einen bestimmten Grenzwert w_{max} übersteigt. Sie sind leicht zu finden, weil der vierte Indikator nur in diesem Fall gedruckt wird. Solche w_i werden gezählt und am Schluss der Abrisse in ähnlicher Weise dargestellt wie die z_i . Ohne Eingabe wird für w_{max} 2.5 angenommen, was beim Freiheitsgrad 1 einem Irrtumsrisiko erster Art von 1% entspricht.

Der Grund, warum anstelle des Irrtumsrisikos erster Art direkt w_{max} festgelegt wird, ist folgender: Die Verbesserungen sind korreliert. Wenn der Test für jede Beobachtung durchgeführt wird, müsste dieser Korrelation Rechnung getragen werden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass mit der Wahl eines w_{max} sowohl bei kleinen wie bei grossen Netzen aussagekräftige Ergebnisse zu erwarten sind.

Wenn in den Felddaten ein Fehler gefunden wird, kann er behoben werden und die Sache ist erledigt. Schwieriger ist es, wenn in den Felddaten kein Hinweis auf grobe Fehler gefunden wird. Dann sollte die Beobachtung nicht einfach weggelassen werden, denn es ist durchaus möglich, dass sich andere Fehler auf diese Beobachtung auswirken. In der Praxis wird man nur den Einfluss der betroffenen Beobachtung beseitigen, indem man ihren mittleren Fehler a priori auf 9999. erhöht. Damit bleibt sie im Abriss erhalten, allerdings mit dem Vermerk «Eliminiert». Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass aus der endgültigen Ausgleichung ersichtlich bleibt, welche Grössenordnung der Fehler an dieser Beobachtung wirklich erreichte. Es kommt immer wieder vor, dass eine scheinbar falsche Beobachtung nach der Beseitigung anderer Fehler wieder gut passt. In gezwungenen Netzen muss damit gerechnet werden, dass die Verbesserungen auch durch Netzzwänge verursacht werden können. Wenn diesbezüglich ein Verdacht besteht, empfiehlt sich eine freie Ausgleichung zur Beurteilung des Beobachtungsmaterials.

Dieser Indikator kann in der Präanalyse nicht berechnet werden, weil er ja von den tatsächlichen Messfehlern abhängt. Der Platz bleibt in diesem Falle leer.

c) Die wahrscheinliche Grösse g_i eines groben Fehlers

Der vierte Indikator wird nur gedruckt, wenn die normierte Verbesserung den Grenzwert w_{max} übersteigt. Er kann nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$g_i = \frac{-v_i}{z_i}$$

Der Quotient aus Verbesserung und lokalem Zuverlässigkeitsindikator gibt an, wie gross ein grober Fehler an der betreffenden Beobachtung sein müsste, um eine normierte Verbesserung der vorhandenen Grösse

$$\delta_w = w_i + d \quad \nabla l_w = \frac{m_{v_i}}{z_i} \cdot \delta_w = \frac{\sigma \sqrt{q_{vv_i}}}{z_i} \cdot \delta_w$$

Da im Falle von robuster Ausgleichung kein Test zur Suche nach groben Fehlern vorgenommen wird, kann die Grösse ∇l_i nicht mehr als Grenzwert für einen nicht entdeckbaren groben Fehler betrachtet werden. Der Grösse ∇l_i entspricht dem kleinsten groben Fehler, der auf die unbekannten Parameter (z.B. Koordinaten) den gleichen Einfluss ausübt wie ein ∞ -grosser 'grober Fehler'. Dieses ∇l_i berechnet sich wie folgt:

$$\nabla l_i^* = \frac{m_{v_i}}{z_i} \cdot \delta_i^* = \frac{\sigma \sqrt{q_{vv_i}}}{z_i} \cdot \delta_i^*$$

Die Bedeutung der Grösse δ_i^* ist grundsätzlich verschieden von jener des Nichtzentralitätsparameters δ_i . Aus diesem Grund wird δ_i^* Verschiebungsfaktor genannt. Um auch zufällige Fehler in diesen Verschiebungsfaktor miteinzubeziehen, wird der Grenzwert Crob um einen Unsicherheitsfaktor τ_w erweitert.

$$\delta_i^* = c_{rob} + \tau_w$$

e) Die äussere Zuverlässigkeit

Theoretische Entwicklung siehe «Das Zuverlässigkeitsmodell der schweizerischen Landesvermessung» von T. Burnand im [Referenz](#) [7].

Für die relativen Zuverlässigkeitsrechtecke siehe [Referenz](#) [8].

f) Der globale Modelltest

Es ist üblich, neben den lokalen Tests auch einen globalen Test durchzuführen, mit dem beurteilt werden kann, ob alle Modellannahmen zutreffen. Zu diesem Zweck wird normalerweise geprüft, ob das Quadrat des mittleren Fehlerquotienten, das χ^2 -verteilt (sprich Chiquadrat-verteilt) ist, signifikant von 1 abweicht:

$$\hat{Q}^2 = \frac{\hat{\sigma}^2}{\sigma^2} = \frac{v^T P v}{n - u} = \frac{\chi_{n-u}^2}{n - u}$$

Für die Beurteilung unterscheidet das Programm zwei Fälle: Wenn $\hat{Q}$ grösser oder gleich 1 ist, wird berechnet, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, bei zutreffenden Modellannahmen einen Quotienten zu erhalten, der ebenso gross oder grösser ist. Analog wird bei einem Quotienten, der kleiner ist als 1, berechnet, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, bei zutreffendem Modell einen Quotienten zu erhalten, der ebenso klein oder kleiner ist. In den beiden Figuren sind die Wahrscheinlichkeitsdichten für diese beiden Fälle dargestellt. Im Titelblatt erscheinen diese Wahrscheinlichkeiten hinter dem Text «Wahrscheinlichkeit dass $\hat{Q} > / < \hat{Q}^*$ ». Dabei gibt das erste Symbol ($>$ oder $<$) an, wie der Test für die Lage, das zweite wie er für die Höhe durchgeführt wird. Unterschreitet die Wahrscheinlichkeit einen wählbaren Grenzwert, wird sie zudem mit ** gekennzeichnet. Ohne Eingabe gilt eine Grenze von 20%. Diese Art, den globalen Modelltest zu behandeln, hat den Vorteil, dass ein Maximum an Flexibilität in der Beurteilung erreicht wird.



Abbildung 10 - 2 - Globaler Modelltest

g) Berechnung der Varianzkomponenten

In älteren Programmversionen sind die mittleren Gruppenfehler mit einer Näherungsformel berechnet worden. Neuerdings kann für jede Gruppe von Beobachtungen ihr Redundanzanteil als Summe der

betreffenden z_i berechnet und im Titelblatt ganz rechts dargestellt werden. Damit lassen sich die mittleren Gruppenfehler berechnen nach der Formel:

$$\sigma_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{v_{\varepsilon}^T P v_{\varepsilon}}{r_{\varepsilon}}} \quad r_{\varepsilon} = z_{i_{\varepsilon}}$$

Es versteht sich von selbst, dass diese Werte nicht mit den früher berechneten übereinstimmen. Der Vorteil der neuen ist der, dass man «mit besserem Gewissen» die mittleren Fehler a priori anpassen kann, wenn sich zeigt, dass sie nicht zutreffen. Zu beachten ist, dass deutlich zum Ausdruck kommt, wenn eine ganze Gruppe nicht überbestimmt ist. Dann wird die Redundanz Null und der mittlere Gruppenfehler unbestimmt, was auch im Titelblatt so angegeben wird.

10.1.2 Mathematisches Modell in LTOP

Lotabweichungen und Geoidhöhen

Siehe [Referenz](#) [12] und [Referenz](#) [26], Seiten 35ff.

Distanzreduktion

Atmosphärische Korrekturen (nicht Bestandteil des Programms) siehe [Referenz](#) [26], Seiten 30ff.

Nachträglich wurde die Korrektur eb -> es entfernt weil sie von der Trägerfrequenz abhängig ist und mit den atmosphärischen Korrekturen berücksichtigt werden muss (2. Geschwindigkeitskorrektur).

Bei gegenseitigen Höhendifferenzen werden β_s und ΔH zwei Mal unabhängig berechnet und gemittelt.

Fehlen die Höhenwinkel oder wird die Reduktion mit gegebenen Höhen ausdrücklich verlangt, wird β_s wie folgt berechnet:

$$\beta_s = \arcsin \frac{\Delta H - (GH - PH)}{e_s} \cos \varepsilon$$

Wird mit Lotabweichungen und Geoidhöhen auf das Ellipsoid reduziert, kommt dazu:

$$HE = HG + \text{Geoidundulation}$$

$$\beta_E = \beta - \xi \cos A - \eta \sin A$$

Azimutreduktion und Lotabweichungsreduktion

Azimutreduktion gemäss Beilage zu [Referenz](#) [4], S.10, Absatz 2, wobei das 3. Glied von C und D weggelassen wurden, das 4. von D aber nicht.

Lotabweichungen nach [Referenz](#) [33], S.158, Formel 5.8b.

Lageausgleichung in der Projektionsebene

Vermittelnde Ausgleichung nach [Referenz](#) [36], Seiten 80ff.

Funktionales Modell der vermittelnden Ausgleichung:

$$v = Ax - l$$

Stochastisches Modell: $P_{ii} = Q_{ii}^{-1}$ (Diagonalmatrix)

$$p_{i,i} = \frac{1}{q_{i,i}} = \frac{\sigma^2}{m_i^2}$$

oder: $(\sigma = 1)$

Vektor der Verbesserungen: v

Koeffizientenmatrix: A

Vektor der Unbekannten: $x = (ATPA)^{-1} ATPI$

Vektor der Absolutglieder: l

Anzahl Messungen: n

Anzahl Unbekannten: u

Redundanz, Überbest.: $r = n - u$

Standardabweichung(mit Einheitsfehler): $s = \sqrt{\frac{v^T P v}{n - u}} = \sqrt{\frac{v^T P v}{r}}$

Varianz-Kovarianz-Matrix der Unbekannten: $Q_{xx} = (ATPA)^{-1}$

Varianz der Verbesserungen: $Q_{vv} = Q_{ll} - A Q_{xx} A^T$

M. Fehler der Verbesserungen: $m_{v_i} = \sigma \sqrt{q_{vv_i}}$

Absolute Fehlerellipsen nach [Referenz](#) [36], Seite 228.

Relative Fehlerellipsen nach [Referenz](#) [2], Seiten 384ff.

Matrizeninversion nach [Referenz](#) [10], Seiten 22ff und 58ff.

Höhenausgleichung

Berechnung der Höhendifferenz nach [Referenz](#) [19], Seite 9.9, stochastisches Modell:

$$m_{\Delta H}^2 = m_d^2 \cdot \tan^2 \beta + m_\beta^2 \frac{d^2}{\cos^4 \beta} + \left(\frac{d_0^2}{2r} \right)^2 m_\kappa^2 + m_{I-S}^2$$

sonst wie Lage.

10.2 REFRAME

10.2.1 Grundlagen und technische Spezifikationen

Globale Bezugsrahmen

- ETRFyy

Dreidimensionaler Referenzrahmen, basierend auf dem europäischen GNSS-Netz (EPN, EUREF) im Bezugssystem ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989). Das europäische ETRS89 folgt im Gegensatz zu den globalen Systemen (ITRS, WGS84) den tektonischen Bewegungen der Eurasischen Platte.

- CHTRFyy

Schweizer Realisierung von ETRS89. Basierend auf dem nationalen GPS-Netz LV95 und dem GNSS-Permanentnetz AGNES. Die Koordinaten werden im System CHTRS95 angegeben, welches zum Zeitpunkt 1993.0 identisch mit ETRS89 ist.

Lokale (schweizerische) Bezugsrahmen

- LV95 (Landesvermessung 1995)

Dreidimensionaler statischer Bezugsrahmen, welcher sich auf dieselben Punkte wie CHTRFyy stützt. Es handelt sich seit 2017 um den offiziellen Bezugsrahmen der Landesvermessung der amtlichen Vermessung sowie für alle anderen Geobasisdaten nach Bundesrecht. Die exakte Transformation CHTRFyy <-> LV95 ist durch eine einfache geozentrische Translation garantiert. Das Bezugssystem von LV95 ist CH1903+ (modifiziertes Schweizer Bezugssystem 1903), bei welchem die ursprünglichen Parameter von CH1903 (soweit möglich) festgehalten wurden.

- LV03 (Landesvermessung 1903)

War von 1903 bis 2016 offizieller Bezugsrahmen der Landesvermessung und der amtlichen Vermessung, der auf der Triangulation 1.-3. Ordnung (LFP1) basierte. Die Koordinaten enthalten zudem eine Gebrauchshöhe in LN02 (siehe weiter unten). Die Verdichtung in Form des Triangulationsnetzes 4. Ordnung (LFP2) und weiterer Fixpunkte der amtlichen Vermessung bildet heute noch die Grundlage der meisten Vermessungsarbeiten, Landeskarten und GIS-Systeme.

LV03 verfügt in der Regel über eine gute Nachbargenauigkeit (im cm-Bereich), zeigt aber über weitere Entfernungen grössere Verzerrungen von bis zu 1.6 m. Die direkte Umrechnung von LV03 in LV95 (oder umgekehrt) ist nur genähert über den Ansatz von lokalen affinen Transformationen möglich (nationale CHENyx06/FINELTRA-Dreiecksvermaschung). Das Bezugssystem von LV03 wird als CH1903 bezeichnet und basiert auf den festgelegten Parametern der alten Sternwarte von Bern.



Abbildung 10 - 3 - Differenzen LV95 – LV03 (max. = 1.6 m)

- LHN95 (Landeshöhennetz 1995)

Potentialtheoretisch strenges orthometrisches Höhensystem der neuen Landesvermessung LV95. Es stützt sich hauptsächlich auf die Messungen des Landesnivellements von 1902 bis heute und auf Schweremessungen, aber auch auf die aus den GPS-Messungen für LV95 und dem Geoidmodell CHGeo2004 berechneten orthometrischen Höhen. Die orthometrische Höhe des Fundamentalpunktes in Zimmerwald dient als Ausgangshorizont.

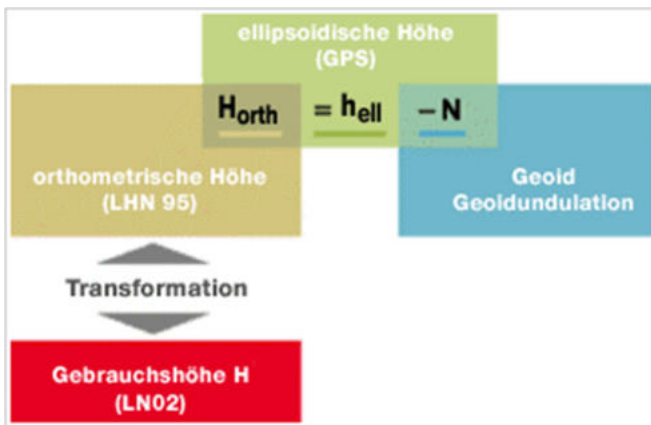


Abbildung 10 - 4 - Höhenbezugsrahmen und Transformation LHN95 <-> LN02

Aus praktischen Gründen und um Verwechslungen zu vermeiden wird LHN95 vorläufig nicht in der amtlichen Vermessung eingeführt. Die Transformation zwischen LHN95 und den ellipsoidischen Höhen von LV95 ist durch das Geoidmodell CHGeo2004 garantiert.

- LN02 (Landesnivellement 1902)

Höhenbezugsrahmen der amtlichen Vermessung basierend auf dem «Nivellement de Précision» (1864-1887) der Schweizerischen geodätischen Kommission und den Messungen des Landesnivellements seit 1902. LN02 ist ein reines Nivellementsnetz ohne Berücksichtigung des Einflusses des Schwerefeldes.

Wegen der unterschiedlichen Berücksichtigung des Schwerefeldes, Vertikalbewegungen und den lokalen Verzerrungen von LN02 ist eine einfache Transformation zwischen LN02 und LHN95 nicht streng möglich.

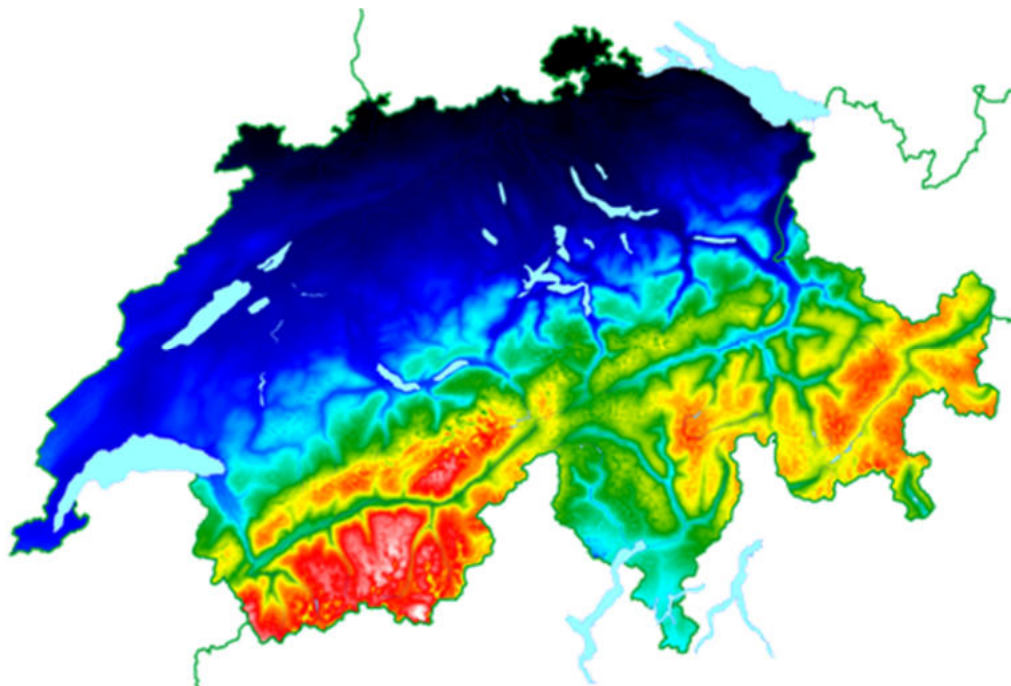


Abbildung 10 - 5 - Differenzen LHN95 - LN02 (max. = 60 cm)

Geoidmodell

Das Geoid ist eine spezielle Äquipotentialfläche des Erdschwerefeldes auf Höhe des mittleren Meeresspiegels. Es wird als Bezugsfläche für die Höhenbestimmung verwendet. Global betrachtet kann das Geoid bis zu ± 100 Meter von einer mathematischen Referenzfläche (Rotationsellipsoid) abweichen. Innerhalb der Schweiz treten Unterschiede von bis zu ± 5 Meter gegenüber dem lokalen Referenzellipsoid auf.

Das aktuelle Geoidmodell der Schweiz beruht auf einer kombinierten Berechnung aus astro-geodätischen Lotabweichungsmessungen, aus Schweremessungen und aus GNSS/Nivellement-Messungen. Die hohe Auflösung des Geoidmodells wird durch die Berücksichtigung eines digitalen Höhenmodells und einem einfachen Dichtemodell der Erdkruste erreicht.

Ein Geoidmodell ist heute für den GPS-Anwender unverzichtbar, da es ihm die Umrechnung von ellipsoidischen GPS-Höhen in orthometrische Höhen ('Höhen über Meer') erlaubt. Das aktuelle Geoidmodell der Schweiz (CHGeo2004) weist eine Genauigkeit von 1 bis 3 cm im ganzen Land auf.

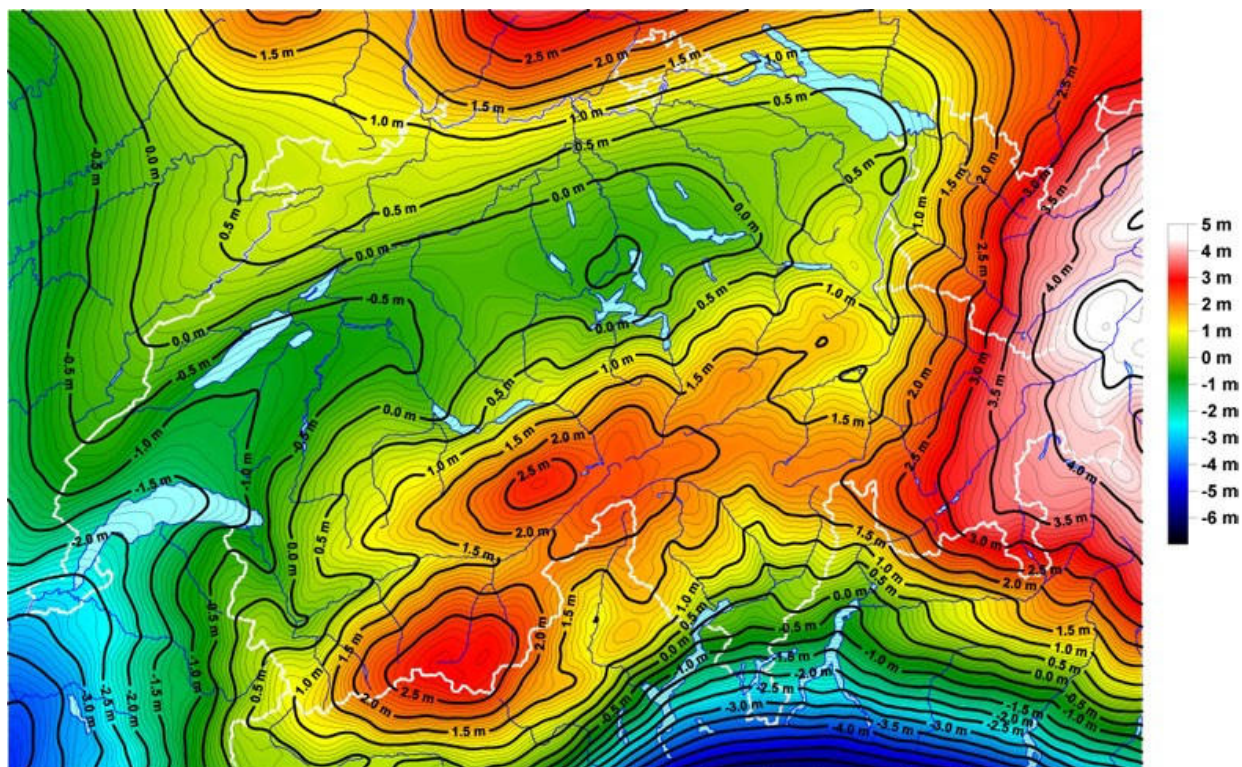


Abbildung 10 - 6 - Das Geoid der Schweiz (CHGeo2004) relativ zum lokalen Referenzellipsoid (Maximalwerte: ± 5 m)

REFRAME enthält das Geoidmodell CHGeo2004, aber auch das Vorgängermodell CHGeo98. So ist es auch möglich die bereits mit CHGeo98 berechneten 'provisorisch orthometrischen Höhen' in die orthometrischen Höhen von LHN95 umzurechnen.

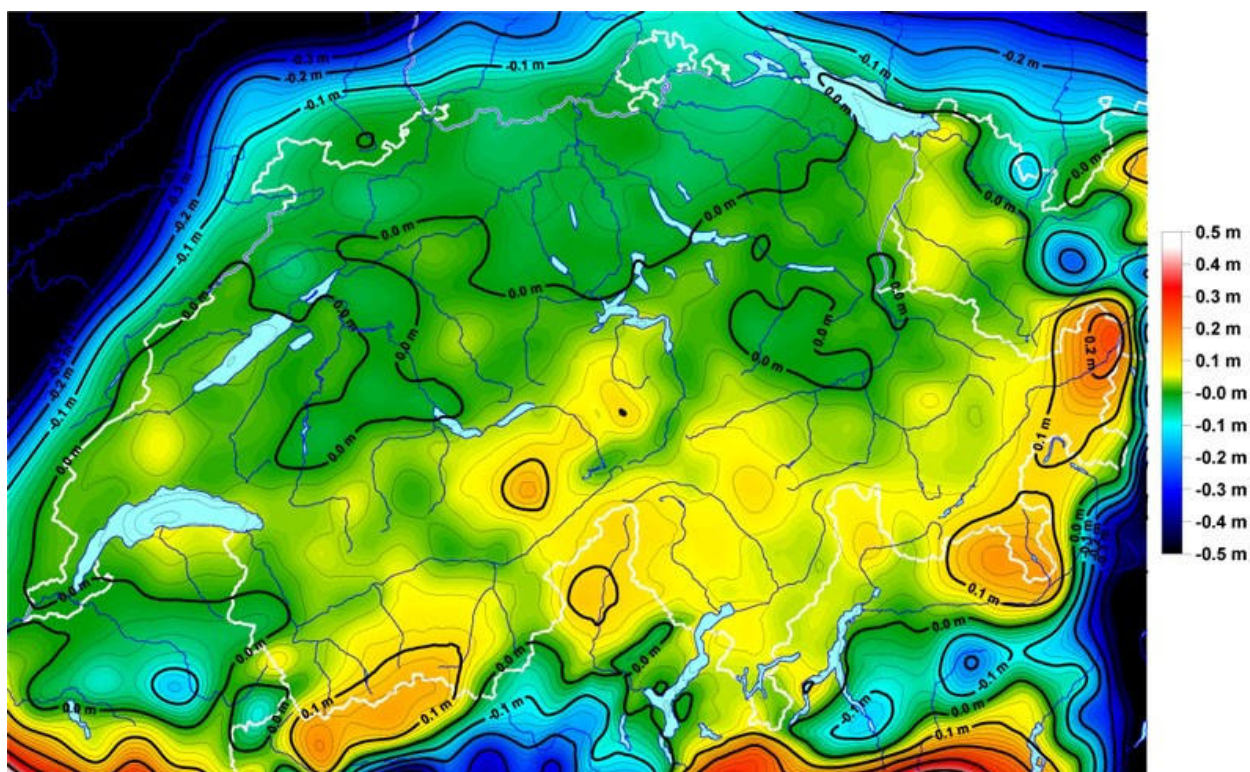


Abbildung 10 - 7 - Differenzen der Geoidmodelle von 1998 und 2004 (max. = 0.2 m)

10.2.2 Transformationsparameter REFRAME

Transformation zwischen globalen und lokalen Koordinaten

Die Berechnung der Transformation von globalen ETRS89-Koordinaten auf Schweizer Landeskoordinaten basiert auf den strengen Formeln des Datumsübergangs und der schweizerischen schiefachsigen Zylinderprojektion. Die detaillierten Formeln und Parameter sind auf der swisstopo-Webseite <http://www.swisstopo.ch> enthalten. Die Koordinaten, welche erhalten werden, sind strenge LV95-Koordinaten. Um daraus Koordinaten in LV03 zu erhalten, muss danach noch die lokale affine Transformation mit finiten Elementen (FINELTRA, siehe weiter unten) angebracht werden.

Die in REFRAME für die Umrechnung von geozentrischen in geografische Koordinaten und die Schweizer Projektion implementierten Ellipsoid-Parameter sind die folgenden:

Ellipsoid	Grosse Halbachse a [m]	Inverse Abplattung 1/f	1.num. Exzentrizität. e^2
Bessel 1841	6377397.155	299.15281285	0.006674372230614
GRS80	6378137.000	298.257222101	0.006694380023011

Für den Datumsübergang von ETRS89 auf CH1903+ sind die folgenden Transformationsparameter implementiert:

XCH1903+ = XETRS89 – 674.374 m

YCH1903+ = YETRS89 – 15.056 m

ZCH1903+ = ZETRS89 – 405.346 m

Die so genannten GRANIT87-Parameter sind in REFRAME nicht mehr unterstützt. Diese Funktionalität von REFRAME ersetzt das bisherige Programm GPSREF.

Transformation zwischen LV03- und LV95-Koordinaten

Die Koordinatentransformation von LV03 in LV95 (und umgekehrt) ist nur näherungsweise möglich. Sie wird durch eine lokale affine Transformation basierend auf der nationalen Dreiecksvermaschung auf Stufe der amtlichen Vermessung CHENyx06 (FINELTRA) realisiert. Die mittlere Genauigkeit dieser Umrechnung ist 2.2 cm. Es muss jedoch in einigen Gebieten mit starken lokalen Verzerrungen in LV03 mit einer reduzierten Genauigkeit gerechnet werden.

Diese Funktionalität von REFRAME ersetzt den reinen Transformationsteil des Programms FINELTRA.

Transformation von ellipsoidischen in orthometrische Höhen

Die orthometrische Höhe (LHN95) ergibt sich aus den ellipsoidischen Höhen (rohe GNSS Höhe, auch LV95 genannt) durch Subtraktion eines Geoidmodells. REFRAME enthält die beiden Modelle CHGeo2004 (aktuell) und CHGeo98 (Vorgängermodell), welches die so genannten 'provisorisch orthometrischen Höhen' liefert. Die Geoidmodelle sind in Gitterform mit einer Auflösung von 1x1 km enthalten, welche nach der biquadratischen Methode interpoliert werden.

Diese Funktionalität von REFRAME ersetzt die Programme CHGeo98R und CHGeo2004R.

Transformation zwischen Gebrauchshöhen und orthometrischen Höhen

Die Transformation von Gebrauchshöhen (LN02) in orthometrische Höhen (LHN95) ist wegen der lokalen Verzerrungen in LN02 und dem unterschiedlich berücksichtigten Einfluss des Schwerefeldes nur näherungsweise möglich. Sie stützt sich auf die Interpolation eines lageabhängigen Anteils und eines lokalen Höhenmassstabes aus Gittern mit einer Auflösung von 1x1 km nach der biquadratischen Methode. Die Genauigkeit dieser Transformation ist im Flachland und in der Nähe der Linien des Landesnivellements besser als 1 cm, kann aber in den Alpen auch schlechter als 10 cm sein.

Diese Funktionalität von REFRAME ersetzt das Programm HTRANS.

10.3 TRANSINT

10.3.1 Einleitung

Zwei Aufgaben werden in der geodätischen Praxis sehr oft mit Koordinatentransformationen gelöst: Der Vergleich mehrerer unabhängig gemessener Netze mit gemeinsamen Punkten und die Einpassung neuer Netze in bestehende Fixpunktsysteme. Das Programm TRANSINT enthält eine Lösung für die Ähnlichkeitstransformation mit robuster Ausgleichung sowie ein Verfahren für die Interpolation nach dem arithmetischen Mittel. Um systematisch orientierte Zwänge zu korrigieren, wird manchmal auch eine affine Transformation benötigt. Das Programm kann deshalb auch eine Affinität als Verallgemeinerung der Ähnlichkeitstransformation berechnen. Der vorliegende Bericht beschreibt die mathematischen Grundlagen beider Aufgaben und enthält Angaben über die Benutzung des Programms.

Das Programm TRANSINT beschränkt sich in der vorliegenden Version auf Lagekoordinaten. Höheninformationen werden nicht verarbeitet.

Der Vergleich geodätischer Netze

In zwei verschiedenen Koordinatensystemen werden unabhängig die Koordinaten der gleichen Punkte bestimmt (y, x und y', x'). Nun möchte man feststellen, ob tatsächlich die Werte in den beiden Systemen zu den gleichen Punkten gehören und wie gross die eventuellen gegenseitigen Abweichungen sind.

Zur Lösung solcher Aufgaben werden in den meisten Fällen die Koordinaten des einen Systems mit einer Ähnlichkeitstransformation (z.B. durch Helmert-Transformation) in das andere System transformiert:

$$\begin{aligned} y' &= y_0 + m \cos \omega y + m \sin \omega x & (1) \\ x' &= x_0 - m \sin \omega y + m \cos \omega x \end{aligned}$$

Die unbekannten Transformationsparameter werden mit einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt, damit die kleinstmögliche Summe der Quadrate der Koordinatendifferenzen zwischen beiden Systemen entsteht. Die Koordinatenverbesserungen

$$dy = y'(\text{transformiert}) - y'(\text{beobachtet}) \quad (2)$$

$$dx = x'(\text{transformiert}) - x'(\text{beobachtet})$$

geben dann Hinweise auf die gegenseitigen Abweichungen der Koordinaten der beiden Systeme.

Die Einpassung eines Netztes in bestehende Fixpunkte

Gegeben sind zwei Systeme, die teilweise identische Punkte enthalten. Im ersten System (Ausgangssystem, früher in TRANSINT auch als 'lokales System' bezeichnet) liegen die Koordinaten aller Punkte vor, während im zweiten System (Zielsystem, früher: 'globales System') nur die Koordinaten einiger Punkte (Passpunkte) bekannt sind. Gesucht sind die Koordinaten aller Punkte im Zielsystem.

Für die Lösung des Problems wird eine geeignete mathematische Abbildung (Interpolationsfunktion) zwischen den Koordinaten im Ausgangssystem und jenen im Zielsystem benötigt. Nur selten kann eine solche Abbildung eine einfache geometrische Transformation (Translation, Rotation) sein, da in den meisten Fällen die beiden Koordinatensätze verschiedene Ungenauigkeiten zufälliger und systematischer Natur aufweisen.

Für die Wahl einer geeigneten Interpolationsfunktion müssen die funktionalen und statistischen Eigenschaften der vorhandenen Koordinaten (das mathematische Modell) genügend genau bekannt sein. Je nach Modell ist die eine, die andere oder überhaupt keine Interpolationsfunktion zweckmässig.

Es ist daher für diese Aufgabe nicht möglich, eine allgemeine Lösung für alle geodätischen Anwendungen zu finden. In jedem einzelnen Fall muss überprüft werden, welches Interpolationsverfahren sich am besten eignet.

Die häufigste Anwendung in der Landesvermessung ist die Einpassung von zwangsfrei berechneten Netzen in ein bestehendes, übergeordnetes Fixpunktsystem. Die Eigenart dieser Applikation liegt in der Tatsache, dass das Ausgangssystem oft genauer ist als das Zielsystem.

Praktische Lösung

Zur Lösung beider Aufgaben, der Ähnlichkeitstransformation und der Interpolation von neuen geodätischen Netzen in bestehende Fixpunktsysteme, wurde am Bundesamt für Landestopographie das Programm TRANSINT entwickelt, das mit geringem Aufwand zu den gewünschten Resultaten führt. Im Folgenden werden das mathematische Modell und die möglichen Anwendungen in der Praxis vorgestellt.

10.3.2 Robuste Ähnlichkeitstransformation

Der Vergleich von geodätischen Netzen durch Ähnlichkeitstransformation ist ein klassisches und häufig verwendetes Verfahren in der angewandten Geodäsie.

Zur Veranschaulichung können folgende mögliche Anwendungen dienen:

Beispiel 1

Nach der Messung eines neuen Operates 4. Ordnung wurden die Beobachtungen in einem zwangsfreien Netz ausgeglichen, um die innere Genauigkeit zu prüfen. Danach möchte man durch eine Ähnlichkeitstransformation die Übereinstimmung zwischen der neuen Triangulation und dem übergeordneten Fixpunktsystem kontrollieren.

Beispiel 2

Bei Deformationsmessungen möchte man die Koordinaten der Fixpunkte der Ausgangsmessung mit denjenigen einer Wiederholungsmessung vergleichen. Das Netz der Fixpunkte wird für beide Epochen zwangsfrei ausgeglichen und dann das neuere Netz in das ältere transformiert.

Bei beiden Anwendungen hat die Transformation folgende Eigenschaften:

- Die Ähnlichkeitstransformation hat 2, 3 oder 4 Parameter (Translation, Translation und Rotation, Helmert-Transformation).
- Die Transformationsparameter müssen so bestimmt werden, dass die transformierten Ausgangskoordinaten möglichst gut in das Ziel-Koordinatensystem passen.
- Die Beobachtungen der Ausgleichung sind die Zielkoordinaten (alte Koordinaten) der Punkte (Passpunkte), die in den beiden Netzen auftreten (pro Punkt y und x, d.h. 2 Beobachtungen). Die Passpunkte sind in der Regel zahlreich (10 bis 100 und mehr), so dass die Anzahl überschüssiger Beobachtungen gross ist.
- Vor allem in grossen Netzen wird vermutet, dass die Ausgangskoordinaten (neue Koordinaten) einiger weniger Punkte aus irgendeinem Grund von den Zielkoordinaten (alten Werten) abweichen. Ziel der Analyse ist in diesen Fällen die Identifikation solcher Punkte.

Das mathematische Modell

a) Ähnlichkeitstransformation

Die Ähnlichkeitstransformation kann, wie bekannt, mit den folgenden Formeln berechnet werden:

$$\begin{aligned} y' &= y_0 + m \cos \omega y + m \sin \omega x \\ x' &= x_0 - m \sin \omega y + m \cos \omega x \end{aligned} \quad (3)$$

und daher, wenn die Transformationsparameter mit einer Ausgleichung nach kleinsten Quadraten gesucht werden, sind die Beobachtungsgleichungen:

$$\begin{aligned} y' + v_y &= y_0 + m \cos \omega y + m \sin \omega x \\ x' + v_x &= x_0 - m \sin \omega y + m \cos \omega x \end{aligned} \quad (4)$$

Wenn alle 4 Parameter (y_0 , x_0 , m , ω) unbekannt sind (Helmert-Transformation) oder wenn nur y_0 und x_0 zu finden sind (d.h. $m = 1$ und $\omega = 0$, Translation), können die Beobachtungsgleichungen, eventuell durch geeignete Substitutionen, in Linearform geschrieben werden. Hingegen sind, wenn $m = 1$ eingesetzt wird und y_0 , x_0 und ω als Unbekannte auftreten, die Beobachtungsgleichungen keine linearen Funktionen mehr; man kann sie nur in einem kleinen Intervall um die gesuchte Lösung linearisieren.

Da für die Praxis alle Varianten von Bedeutung sind, wurde für die Programmierung die allgemeinere Lösung mit den nicht-linearen Beobachtungsgleichungen (4) gewählt: Die Beobachtungsgleichungen werden vor jeder Iteration durch numerische Differentiation um den Näherungswert linearisiert. Damit kann der Programmbenutzer jede beliebige Variante mit 2, 3 oder 4 Parametern wählen.

b) robuste Transformation

Da der eine oder andere Passpunkt möglicherweise keine gut übereinstimmenden Koordinaten in beiden Systemen hat, schien es angebracht, die Transformationsparameter mit einer 'robusten Ausgleichung' zu ermitteln, welche wirklichkeitsnahe Resultate liefert, auch wenn sich unter den Messungen noch einige (wenige) grobe Fehler befinden. Die theoretischen Grundlagen dafür wurden von P.J. Huber erarbeitet und in verschiedenen Publikationen veröffentlicht (siehe [Referenzen](#) [15], [16] und [17]). Ein Lösungsansatz für geodätische Anwendungen des Gauss-Markov-Modells (vermittelnde Ausgleichung) ist in [Referenz](#) [5] beschrieben.

Hier wird nur das Grundprinzip der robusten Ausgleichung wiederholt: Es seien

$$v_i = a_i x_0 + b_i y_0 + \dots + L_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

die Verbesserungsgleichungen, die durch Linearisierung der Beobachtungsgleichungen entstanden sind.

Die Unbekannten (x, y, z, ...) werden so bestimmt, dass

$$\sum p(v) = \min \quad (6)$$

Die Funktion $p(v)$ ist für die klassische Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate wie bekannt

$$p(v) = v^2 \quad (7)$$

Die Unbekannten werden so gewählt, dass die Summe der Quadrate der Verbesserungen minimal wird.

Wenn grobe Fehler (im behandelten Fall Koordinatenunstimmigkeiten) vorhanden sind, führt die klassische Ausgleichung sehr rasch zu unbrauchbaren Unbekannten.

Bei der robusten Ausgleichung wird für die Bedingung

$$\sum p(v) = \min \quad (8)$$

eine andere Funktion $p(v)$ gewählt, damit die Unbekannten von eventuellen groben Fehlern weniger beeinflusst werden. Gemäss einem Vorschlag von P.J. Huber wurde folgende Funktion für das Programm TRANSINT verwendet

$$p(v) = \frac{v^2}{2} \quad \text{für} \quad |v_i| < k \cdot m_i \quad (9)$$

$$= k \cdot m_i \cdot |v_i| - \frac{(k \cdot m_i)^2}{2} \quad \text{für} \quad |v_i| > k \cdot m_i$$

wobei k eine Konstante und m_i der mittlere Fehler der entsprechenden Beobachtung sind. Die Konstante k kann im Programm frei gewählt werden; für übliche Anwendungen sind k -Werte zwischen 2 und 3 zweckmässig. Für $k \rightarrow \infty$ erhält man die gewöhnliche Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate (das Programm berechnet diese Variante wenn $k = 0$ eingesetzt wird).

Mehrere Versuche mit der robusten Ausgleichung in verschiedenen geodätischen Applikationen sind in [Referenz](#) [34] beschrieben.

c) Zuverlässigkeitsbetrachtungen

Die Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate, die für die Bestimmung der Transformationsparameter benötigt wird, ist in der Regel sehr einfach, und die empirische Beurteilung der Passpunktconfiguration sollte normalerweise keine Schwierigkeiten bereiten. Trotzdem schien es angebracht, ein numerisches Kriterium vorzusehen, um die Zuverlässigkeit nachzuweisen. Bei der Verwendung der robusten Ausgleichung werden die Zuverlässigkeitsbetrachtungen weniger einfach, und ein numerisches Verfahren ist dann sehr vorteilhaft.

Die gewählte Methode ist die Bestimmung des Koeffizienten der 'geometrischen Zuverlässigkeit' für jede Beobachtung der Ausgleichung, d.h. im vorliegenden Fall wird für jede Zielkoordinate:

$$Z_i = \frac{q_{vv}^{(ii)}}{q_{ll}^{(ii)}}$$

berechnet, wobei $q_{vv}^{(ii)}$ und $q_{ll}^{(ii)}$ die i -ten Diagonalelemente der Kofaktorenmatrizen der Verbesserungen und der Beobachtungen sind (für die Berechnung siehe z.B. [Referenz](#) [20]). Z_i ist ein Mass für den Überbestimmungsgrad der gemessenen Grössen im Netz und erlaubt den Vergleich mit bekannten einfachen Messanordnungen. Hier einige Beispiele:

Z_i	Beispiel
0.00	Messung ohne Überbestimmung
0.33	Drei gemessene Winkel in einem Dreieck (1 Freiheitsgrad)
0.50	Doppelmessung (2 unabhängige Bestimmungen der gleichen Grösse)

0.67	Dreifache Messung (3 unabhängige Bestimmungen der gleichen Grösse)
1.00	Totale Überbestimmung des Netzes (Messung einer Grösse die schon 'unendlich genau' bekannt ist)

Für die Berechnung von Zi bei robusten Transformationen wurde die Näherung verwendet, wie sie in [Referenz](#) [34] empfohlen wird. Die daraus hervorgegangenen Z-Werte sind dann als Grenzwerte zu verstehen, d.h. die entsprechende Beobachtung ist mindestens so gut vom Netz überbestimmt, wie der berechnete Koeffizient der geometrischen Zuverlässigkeit angibt.

d) Die affine Transformation

Wenn aus der Problemstellung ersichtlich ist, dass die Unterschiede zwischen den Koordinaten richtungsabhängig sind, z.B. wenn sie aus Papierverzug, aus einer Rutschung usw. stammen, ist eine affine Transformation geeigneter als eine einfache Helmert-Transformation.

Die Affinität ist die allgemeinste lineare Transformation in der Ebene

$$y' = y_0 + B_x x + A_y y$$

$$x' = x_0 + A_x x + B_y y$$

wobei

y', x' die transformierten Koordinaten im Zielsystem sind,

x, y die zu transformierenden Ausgangskordinaten sind und

$y_0, x_0, B_x, B_y, A_x, A_y$ die 6 unbekannten Transformationsparameter sind.

Die 6 unbekannten Parameter werden mit einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt. Eine robuste Ausgleichung nach Huber ist ebenfalls möglich. Sie ist aber nur bei guter Überbestimmung und zuverlässiger Konfiguration sinnvoll.

Die berechneten Parameter werden als Ergebnisse ausgedruckt. Sie sind aber nicht leicht interpretierbar. Das Programm berechnet daher auch weitere Funktionen der Parameter, die eine geometrische Bedeutung haben.

So wird die Tissot'sche Indikatrix (Verzerrungsellipse) bestimmt, die bei der Affinität für alle Punkte identisch ist. Die Konstruktionselemente (grosse Halbachse a , kleine Halbachse b und Richtung der grossen Halbachse φ) werden angegeben. Sie sind die maximalen bzw. die minimalen Längenverzerrungen und werden wie folgt berechnet:

$$a = \frac{1}{2} \left(\sqrt{(A_x + A_y)^2 + (B_x - B_y)^2} + \sqrt{(A_x - A_y)^2 + (B_x + B_y)^2} \right)$$

$$b = \frac{1}{2} \left(\sqrt{(A_x + A_y)^2 + (B_x - B_y)^2} - \sqrt{(A_x - A_y)^2 + (B_x + B_y)^2} \right)$$

$$\varphi = \frac{1}{2} \left(\arctan \frac{B_x - B_y}{A_x + A_y} + \arctan \frac{B_x + B_y}{A_x - A_y} \right)$$

Dazu werden die Längenverzerrungen in X- und Y-Richtung, die maximalen Richtungsverzerrungen und die Richtungsverzerrungen in X- und Y-Richtung angegeben.

Das mathematische Modell und die Programmierung für die affine Transformation sind aus Arbeiten von E. Schaub am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ entstanden ([Referenz](#) [23]).

Einsatz der robusten Ähnlichkeitstransformation

Die robuste Transformation soll zum Einsatz kommen, wenn vermutet wird, dass nicht alle Passpunkte fehlerfrei sind und wenn man schnell brauchbare Resultate haben möchte. Für geodätische Anwendungen sollte dann der Parameter k der robusten Ausgleichung zwischen 2.0 und 3.0 gewählt werden. Kleine k -Werte stärken die Unempfindlichkeit der Ausgleichung gegen grobe Fehler, erhöhen aber die Gefahr, dass die Berechnung zu einer singulären Matrix führt, wenn zu viele Beobachtungen von den ausgeglichenen Werten stark abweichen.

Das folgende Beispiel aus der Deformationsmessung der Staumauer Rempfen zeigt eine mögliche Anwendung der robusten Transformation. Aus dem Vergleich mit der gewöhnlichen Helmert-Transformation lassen sich die Vorteile der robusten Version bei Netzvergleichen sehr gut ersehen.

Die Staumauer Rempen ist die kleine Sperre eines Ausgleichsbeckens des Kraftwerkes Wägital. Diese ältere Mauer wird periodisch geodätisch untersucht, um eventuelle Deformationen festzustellen. Ein besonderes Problem stellt dabei die grosse Unstabilität der Talflanken dar. Ein Vergleich der Pfeilerbestimmungen in den Jahren 1973 und 1979 zeigte zum Beispiel deutliche Zwänge.

a) Die gewöhnliche Helmert-Transformation

Die Einpassung der Koordinaten von 1979 in die Koordinaten 1973 durch eine 4-Parameter-Ähnlichkeitstransformation (Helmert-Transformation) führt zu den folgenden Restfehlern, wenn alle 4 Pfeiler als Passpunkte eingesetzt werden:

ÄHNLICHKEITSTRANSFORMATION

PASSPUNKTE UND VERBESSERUNGEN

PASSPUNKT	VY [mm]	VX [mm]
PF.1	1.1	2.7
PF.2	3.0	-1.0
PF.3	-0.2	-0.8
PF.4	-3.9	-0.9

Die graphisch dargestellten Restfehler geben dann das folgende Bild und können mit einem einfach berechneten Konfidenzintervall (2 mF) verglichen werden:

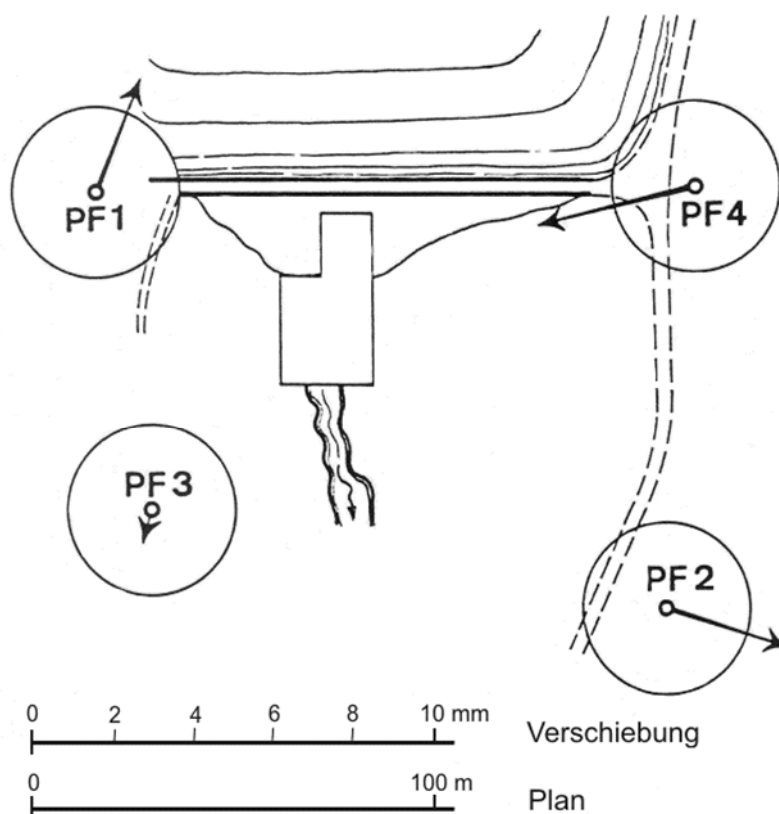


Abbildung 10 - 8 - Restfehler bei der üblichen Helmert-Transformation

Es ist leicht feststellbar, dass die 2 Netze (1973 und 1979) nicht gut zusammenpassen. Es ist aber nicht sofort ersichtlich, ob nur ein Punkt eine starke Abweichung aufweist oder mehrere Punkte ihre Lage geändert haben.

b) Die robuste Transformation

Die gleiche Transformation mit 4 Parametern wurde dann robust mit $k = 2.0$ berechnet, um die Wirkung auf die Resultate zu zeigen. Die robuste Transformation führt in einem Rechenschritt zu folgenden Restfehlern:

AEHNLICHKEITSTRANSFORMATION

ROBUSTE TRANSFORMATION (MIT $K = 2.0$)

PASSPUNKTE UND VERBESSERUNGEN

PASSPUNKT	VY [mm]	VX [mm]
PF.1	0.6	1.8
PF.2	1.7	-0.0
PF.3	-0.3	-0.9
PF.4	-5.9	-0.9

Das Bild zeigt, dass die Lageänderung von Pfeiler 4 sehr wahrscheinlich die Ursache der Unstimmigkeit ist.

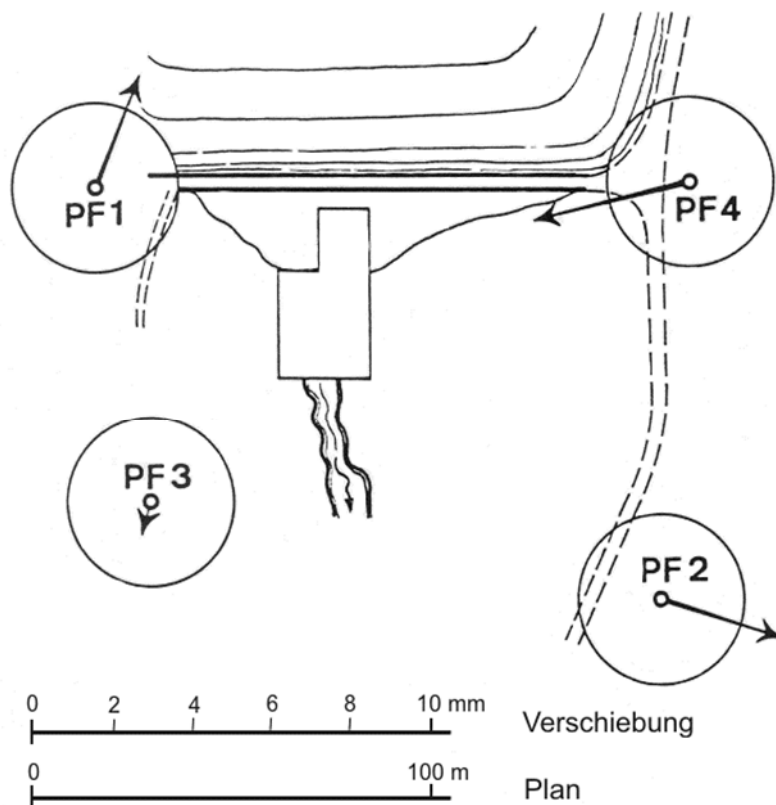


Abbildung 10 - 8 - Restfehler bei der robusten Transformation ($k = 2$)

Der Einsatz in grösseren Netzen mit mehreren Passpunkten und im Verhältnis weniger häufigen Abweichungen (z.B. nur 10% der Passpunkte falsch) führt zu noch besseren und leichter interpretierbaren Resultaten.

10.3.3 Interpolation nach verbessertem gewogenem Mittel "TRANSINT"

Die Landesvermessung wurde etappenweise aufgebaut: Neue Netze werden in die bestehende Netze höherer Ordnung eingeführt und müssen mit den älteren Nachbaroperaten verbunden werden. Das Problem der Anpassung wurde üblicherweise durch Einzwängen des Netzes bei der Ausgleichung gelöst:

Die Koordinaten aller Punkte der übergeordneten Netze wurden als fest betrachtet. Diese Lösung hat sich in der Praxis durchgesetzt, da sie weniger Rechenaufwand erforderte als alle Alternativmöglichkeiten. Mit TRANSINT steht jedoch eine solche Alternativmöglichkeit zur Verfügung.

Das Einzwängen der Netze führt zu befriedigenden Resultaten, wenn die als fest angenommenen Punkte tatsächlich mit den Messungen der Ausgleichung übereinstimmen oder beim Vorhandensein einiger Zwänge, wenn das eingezwängte Netz sehr homogen ist und somit eine regelmässige Verteilung der Widersprüche entsteht. Da in der Praxis diese Bedingungen nicht leicht einzuhalten sind, haben explizite Interpolationsverfahren an Bedeutung gewonnen, weil sie die Restzwänge unabhängig vom Netzaufbau regelmässig verteilen ([Referenz](#) [6]).

Anwendungen in der Landesvermessung

Die häufigste Applikation ist die Einpassung neuer geodätischer Netze in das bestehende Fixpunktsystem. Das neue Netz ist mit den heutigen genauen Messgeräten gemessen und zwangsfrei ausgeglichen, die Ungenauigkeiten betragen daher nur wenige cm. Die übergeordneten Fixpunkte hingegen sind eine Erbschaft aus der Vergangenheit und enthalten oft örtliche systematische Fehler (im Dezimeterbereich); sie dürfen aber oft aus organisatorischen und wirtschaftlichen Gründen nicht geändert werden.

Die Fixpunktfehler sind fest und bekannt, da sie mit Hilfe des praktisch fehlerfreien neuen Netzes ermittelt werden können. Man darf sie daher nicht als stochastische Grössen interpretieren.

Für die Einpassung des neuen Netzes in das übergeordnete spielen dann nur die funktionalen Eigenschaften der Interpolationsmethode eine Rolle. Die Interpolationsmethode sollte die folgenden Bedingungen einhalten:

- die interpolierten Passpunkte müssen die Sollkoordinaten (übergeordnetes Netz) behalten
- die Zwischenpunkte müssen möglichst homogen und ohne Überkorrekturen interpoliert werden
- die Berechnung muss möglichst schnell und preisgünstig durchgeführt werden können
- die Modellparameter sollten eine möglichst anschauliche Bedeutung haben

Die meisten vorhandenen Interpolationsprogramme halten die oben erwähnten Bedingungen nicht ein, da sie von einer eher statistischen Modellvorstellung ausgehen.

Das Programm TRANSINT enthält ein einfaches Verfahren, die so genannte Interpolation nach dem arithmetischen Mittel, welche die gewünschten Eigenschaften aufweist.

Das mathematische Modell

a) Das Problem

Wenn ein neues Netz mit zahlreichen Punkten zwangsfrei ausgeglichen wird, erhalten die Netzpunkte im Koordinatensystem der Berechnung neue Koordinaten. Um das neue Netz in ein bestehendes Netz einzupassen, werden geeignete Punkte festgelegt, von denen man die Koordinaten im bestehenden (übergeordneten) Netz bereits kennt und, meist aus wirtschaftlichen Gründen, unverändert behalten will. Diese Punkte werden Passpunkte genannt. Da für die Passpunkte Koordinaten in beiden Systemen vorliegen, sind die entsprechenden Inkremente dx und dy , für welche

$$\begin{array}{rclcl} y & + & dy & = & y' & (10) \\ x & + & dx & = & x' \end{array}$$

gilt, mit den folgenden Formeln direkt berechenbar:

$$\begin{array}{rclcl} dy & = & y' & - & y & (11) \\ dx & = & x' & - & x \end{array}$$

Die Interpolationsfunktion berechnet danach ausgehend von den Inkrementen der Passpunkte passende Korrekturen dy und dx auch für die anderen Punkte des lokalen Netzes und liefert dann ihre gesuchten Globalkoordinaten.

b) Die Wahl der Interpolationsfunktion

Für die beabsichtigten Anwendungen kann die Interpolationsfunktion, wie oben erwähnt, ziemlich frei gebaut werden, wobei darauf zu achten ist, dass die vier genannten Bedingungen eingehalten werden. Dazu empfiehlt es sich, mit sehr einfachen Funktionen zu beginnen, um später mit Hilfe von sukzessiven Verbesserungen eine einwandfreie Interpolationsfunktion zu erreichen. Bereits das allgemeine arithmetische Mittel

$$dy_p = \frac{\sum p_i \cdot dy_i}{\sum p_i} \quad (12)$$

$$dx_p = \frac{\sum p_i \cdot dx_i}{\sum p_i}$$

liefert bei einem geeigneten Gewichtseinsatz wie z.B.

$$p_i = \frac{1}{d_i^2} \quad (13)$$

gute Koordinaten für die interpolierten Punkte und befriedigt die gestellten Bedingungen, wenn die Passpunktdichte ungefähr konstant ist (d_i ist die Distanz zwischen Neupunkt und i-tem Passpunkt) und wenn die Ausgangs- und Zielkoordinaten sich wertmässig nur wenig unterscheiden. Falls die zwei Koordinatensysteme stark voneinander abweichen, kann man sie mit einer Helmert-Transformation vorgängig anpassen.

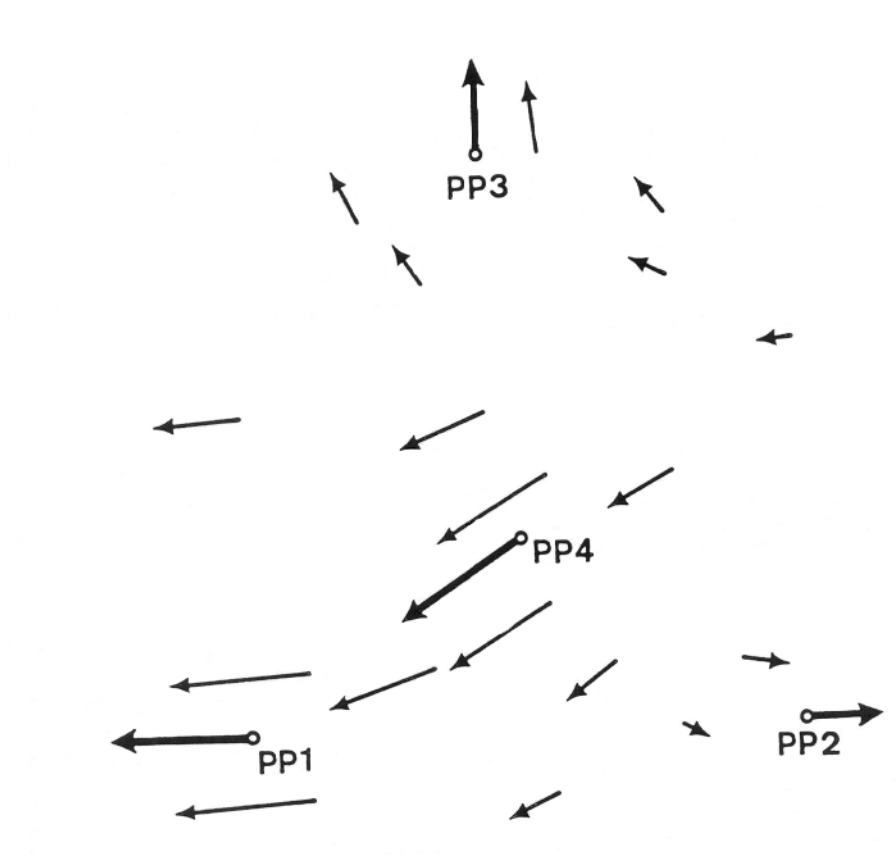


Abbildung 10 - 10 - Gegebene Inkremente für die Passpunkte und interpolierte Werte für die Zwischenpunkte

Das allgemeine arithmetische Mittel kann wie eine vermittelnde Ausgleichung in Matrizenform dargestellt werden:

$$dy_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DY \quad (14)$$

$$dx_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DX$$

wobei: $A = (1, 1, \dots, 1)$ ein Vektor mit Einheitskomponenten,

P die Diagonalmatrix der Gewichte und

DY bzw. DX die Vektoren der Inkremente aller Passpunkte sind.

Ein Schönheitsfehler entsteht, wenn mehrere Passpunkte sich an einem Ort treffen (z.B. wenn mehrere

Exzentren vorliegen). Diese mehrfachen Passpunkte würden dann ein Übergewicht bekommen und die Homogenität der Interpolation stören. Um dies auch zu berücksichtigen, kann man eine Korrelationsmatrix R zwischen den Passpunkten einführen:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Zur Berechnung der einzelnen Korrelationskoeffizienten r_{ij} wurden zahlreiche Netze untersucht, um eine geeignete Korrelationsfunktion zu bilden. Die folgende Formel hat sich als gute Näherung für die üblichen Applikationen erwiesen:

$$r_{ij} = 0.9 \cdot e^{-\frac{(\ln 1.8) \cdot d_{ij}^2}{d_0^2}} \quad (16)$$

wobei d_{ij} die Distanz zwischen dem i -ten und j -ten Passpunkt und die Konstante d_0 die Distanz zwischen zwei Passpunkten ist, für welche die Korrelation $r = 0.5$ gesetzt wird. Aus der Formel können die Werte der folgenden Tabelle berechnet werden, die das Variieren der Korrelation in Funktion der Distanz zeigen:

d_{ij} / d_0	r
0	0.90
0.5	0.78
1	0.50
2	0.09
3	0.005
4	0.0001

Da in Netzen mit Maschenweite = d_0 in der Praxis festgestellt werden kann, dass die Werte der Tabelle eine recht gute Näherung für die Korrelation zwischen den ausgeglichenen Koordinaten darstellen, bekommt der Parameter d_0 eine anschauliche Bedeutung. Er kann als mittlere Maschenweite der Netze angesehen werden, aus welchen die Passpunkte ursprünglich bestimmt wurden.

Selbstverständlich gilt diese Bedeutung nur unter der Voraussetzung, dass die Herkunftsnetze keine wesentlichen systematischen Fehler enthalten, was z.B. bei neuen Netzen der Fall ist. Bei der Interpolation von neuen Netzen in alten, systematisch verfälschten Fixpunktnetzen muss d_0 einfach als Distanz zwischen den Passpunkten gelten, bei welchen die Korrelation 0.5 ist. Sie muss empirisch durch die Betrachtung der grafischen Darstellung der Koordinatenänderungen der Passpunkte bestimmt werden. d_0 wird dann so klein gewählt, dass d_0 entfernte oder nähere Passpunkte tatsächlich sehr ähnliche Änderungsvektoren aufweisen. Ganz unterschiedliche Änderungsvektoren dürfen nur zwischen Passpunkten, die mehr als $2d_0$ voneinander entfernt sind, auftreten.

Die Korrelationsmatrix ist nach der Festlegung von d_0 bestimmt und daraus berechnet man aus [Referenz \[36\]](#) die entsprechende vollständige Gewichtsmatrix:

$$P = \sqrt{P_d} \cdot R^{-1} \cdot \sqrt{P_d} \quad (17)$$

P_d ist die Diagonalmatrix der Gewichte, die für das allgemeine arithmetische Mittel verwendet wurde.

Die Matrizenformeln des allgemeinen arithmetischen Mittels (14) können für diese allgemeinere Lösung unverändert übernommen werden:

$$dy_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DY \quad (18)$$

$$dx_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DX$$

Zu bemerken ist nur, dass im vorliegenden Fall die Matrix P keine Diagonalmatrix mehr ist.

Die gesuchten Korrekturen für die interpolierten Punkte sind, wie aus der Formel (18) ersichtlich ist, lineare Funktionen der Koordinateninkremente der Passpunkte, d.h.:

$$dy = c_1 dy_1 + c_2 dy_2 + \dots + c_n dy_n \quad (19)$$

$$dx = c_1 dx_1 + c_2 dx_2 + \dots + c_n dx_n$$

in jedem Fall mit $\sum c_i = 1$

Die Koeffizienten c_i sind in der Regel, wie es auch sinnvoll ist, positiv und führen daher zu keinen Überkorrekturen. Nur in Spezialfällen, wenn man stark korrelierte Passpunkte sehr unterschiedlich gewichtet, werden einige c_i negativ. Um dies zu vermeiden, werden die dazugehörigen Passpunkte bei der Interpolation nicht berücksichtigt. Die übrigen c_i erhalten, nach Neubildung der inversen Korrelationsmatrix und anschliessender Neuberechnung, die gewünschten positiven Werte ($c_i \geq 0$). So bleiben auch in extremen Fällen die geforderten funktionalen Eigenschaften der Interpolation erhalten.

Die numerische Lösung

Die numerische Lösung, die für die Programmierung gewählt wurde, ist relativ einfach, so dass hier nur in Stichworten die Reihenfolge der Operationen angegeben wird.

a) Nur einmal für die ganze Interpolation

- Bilden der Korrelationsmatrix gemäss Formel (16)
- Inversion der Korrelationsmatrix
- Bilden der Vektoren der Passpunktinkremente (dy und dx) für y und x getrennt aus Formel (10)

b) Für jeden zu interpolierenden Punkt

- Bilden des Gewichtsvektors P_d gemäss Formel (13)
- Berechnen des Vektors C aus

$$P = \sqrt{P_d} \cdot R^{-1} \cdot \sqrt{P_d} \quad \text{und} \quad C = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P$$

- Prüfen, ob kein c_i negativ ist. Wenn mindestens ein c_i negativ ist, wird für den Passpunkt, bei welchem c_i am kleinsten ist, das Gewicht auf Null gesetzt und die Inverse der Korrelationsmatrix durch einen Austauschschritt (siehe [Referenz \[25\]](#)) entsprechend reduziert. Das Verfahren wird wiederholt, bis alle c_i die Bedingung $c_i \geq 0$ erfüllen. Dann folgt die Berechnung von

$$dy_p = C^T \cdot dy \quad \text{und} \quad dx_p = C^T \cdot dx$$

10.3.4 Interpolation nach der modifizierten Shepard-Methode

Die Shepard-Interpolation ist eine gewichtete Interpolationsmethode nach gewogenem Mittel. Es besteht darin, die an den Stützpunkten gemachten Beobachtungen zu gewichten, wobei die Gewichte direkt eine Funktion des Abstandes sind, der den Punkt trennt, an dem die Interpolation der Stützpunkten stattfinden muss. In Fachsprache wird der Begriff IDW (Inverse Distance Weighting) verwendet.

Donald Shepard ([Referenz \[24\]](#)) hat diese Interpolationsmethode 1968 beschrieben. Die Ausführungen aus [Referenz \[22\]](#) und [Referenz \[3\]](#) sind hier teilweise wörtlich übersetzt und ergänzt.

Der modifizierte Shepard Algorithmus lautet:

$$f(\mathbf{x}) = \frac{\sum_{i=1}^{N_w} W_i(\mathbf{x}) \cdot Q_i(\mathbf{x})}{\sum_{i=1}^{N_w} W_i(\mathbf{x})} \quad ; \quad N_w < N$$

Die totale Anzahl der Passpunkte ist N , jedoch werden nur die dem Neupunkte x nächsten N_w Passpunkte verwendet.

Wie gross soll N_w sein? (Empfehlung von ALGLIB)

« N_w kontrolliert den Algorithmus lokal (Anmerkung: d.h. wie weit soll die Gewichtung wirken, vgl. Ab-

schnitt Gewichtsfunktion). Zu grosse Werte machen die Interpolante zu global (die Berechnung wird langsam und die Interpolante unfähig, lokale Änderungen in der Interpolation zu reproduzieren). Andererseits führen zu kleine N_w zu spitzen und ungenauen Interpolanten (beispielsweise ist $N_w = 1$ gerade eine Nearest Neighbour Interpolation, die in [Referenz \[14\]](#) und [Referenz \[1\]](#) vertieft erklärt wird).

Ein guter Wert für N_w liegt normalerweise leicht höher als $\max(1.5 \cdot N_q, 2D + 1)$ »

D ist die Anzahl Dimensionen des Raumes, in geodätischen Fällen also 2 oder 3, womit N_w immer gleich $1.5 \cdot N_q$. Renka ([Referenz \[22\]](#)) erhielt für zweidimensionale Daten bei einem Wert von $N_w = 19$ gute Resultate.

GeoSuite stellt N_w ein auf $N_w \geq 2D + 1$ und empfiehlt $N_w \approx 2 \cdot N_q$.

Parameter	Raumdimension		
	1	2	3
N_w	3	5	9

Gewichtsfunktion $W_i(x)$

$$W_i(x) = \left(\frac{R_x - \|x - x_i\|}{R_x} \right)^2 = \frac{1}{\|x - x_i\|^2} - \frac{1}{R_x^2}, \quad R_x = \max_{N_w} \|x - x_i\|$$

Der Einflussradius R_x ist somit die maximale Distanz zwischen dem Neupunkt x und seinen N_w benachbarten Passpunkten x_i . Ausserhalb dieses Radius' wird der Funktionswert von W_i zu Null.

Knotenfunktion $Q_i(x)$

Die Knotenfunktion (engl. nodal function) Q_i tritt an die Stelle der Restklaffung z_i . Sie ist eine lokale Approximation für z_i im Passpunkte x_i . $Q_i(x)$ ist eine bivariate*, wahlweise quadratische, lineare oder konstante Funktion. Die Koeffizienten der Funktion $Q_i(x)$ resultieren aus einer gewichteten Kleinste-Quadrate-Einpassung auf einen Satz von N_q nächsten Nachbarn von x_i mit der Bedingung $Q_i(x) = z_i$.

*Eine Funktion ist bivariat, wenn sie genau zwei unbestimmte Variablen enthält (z. B. $f(x,y) = 3x^3 + y + y^3$). Der Funktionswert f hängt also von zwei («bi») Variablen x und y ab).

Mathematisch ausgedrückt: $Q_i(x) = x^T A x + b^T x + g$

$$A \in \mathbb{R}^{D \times D}, b \in \mathbb{R}^D, g \in \mathbb{R}$$

Beispiel zur Berechnung dieser Knotenfunktion $Q(x)$ (zweidimensionaler Fall) :

$$\text{Punkt } x = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad \text{Koeffizienten } A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} ; \quad b = \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix} \quad \text{und } g$$

somit ausmultipliziert: $Q_i = ax^2 + bxy + cxy + dy^2 + ex + fy + g$

da nicht anzunehmen ist, dass xy zwei unbekannte Koeffizienten b und c befriedigen muss, wird $c = b$ gesetzt und daraus: $Q_i = ax^2 + 2bxy + dy^2 + ex + fy + g$

Im i -ten Passpunkt x_i ist zudem die Bedingung $Q_i(x_i) - z_i = 0$ einzuhalten.

Die 6 vorerst unbekannten Koeffizienten $[a \ b \ d \ e \ f \ g]^T$ sind also aus mindestens 3 Stützpunkten zu bestimmen. Dies erfolgt in einer «vermittelnden Ausgleichung mit Bedingungen zwischen den unbekannten Parametern» (auch GAUSS-MARKOV-Modell genannt).

Wie gross soll N_q sein?

N_q kontrolliert einen anderen Aspekt der Nachbarschaft, nämlich die Anzahl der Knoten, die zur Bildung der eben beschriebenen Knotenfunktionen $Q_i(x)$ verwendet werden. Eine gute Knotenfunktion muss durch (x_i, y_i) gehen und sie sollte die Funktion in der Umgebung näherungsweise approximieren.

Ein zu kleiner N_q Wert wird eine gute Approximation verunmöglichen.

Ein zu grosser N_q Wert wird $Q_i(x)$ zu einem globalen Verhalten führen; dies ist aber dort nicht sehr gut, wo es nötig wäre, nämlich im Einflussbereich von x_i .

Ein guter N_q Wert ist gewöhnlich 1.5-mal grösser als die Anzahl freier Parameter der Knotenfunktion: $1+D$ für eine lineare Knotenfunktion, $(D+2) \cdot (D+1)/2$ für eine quadratische Knotenfunktion. Renka ([Referenz](#)

[22]) erhielt für zweidimensionale Daten bei einem Wert von $N_q = 13$ gute Resultate.

Gibt man keinen Wert vor, stellt GeoSuite N_q auf folgenden Wert ein:

Knotenfunktion	Parameter	Raumdimension D		
		1	2	3
konstant:	N_q wird ignoriert	--	--	--
linear:	$N_q \geq \text{Maximum von } (1.5 \cdot (D+1) ; 2D + 1)$	3	5	9
quadratisch:	$N_q \geq \text{Maximum von } (3/4 \cdot (D+2) \cdot (D+1) ; 2D + 1)$	5	9	15

Hingegen müssen auch mehrere Nachteile genannt werden:

- Die modifizierte Shepard Methode ist nur für grosse Datensätze (mit Hunderten von Punkten) und nur in niedrig-dimensionalen Räume (2 bis 5 Dimensionen) schneller als der Inverse Distance Weighting Algorithmus.
- Auch wenn der Algorithmus in irgendeinem Koordinatensystem arbeiten kann, nimmt seine Leistung ab, wenn Punkte in einem niedrig-dimensionalen Subraum liegen. In solchen Fällen werden langsame SVD-basierte (Eigenwertzerlegung, Spektralzerlegung) kleinste Quadrate Lösungsalgorithmen anstelle von schnelleren QR-basierten verwendet*.
- In einigen seltenen Fällen kann $f(x)$ Diskontinuitäten haben. Eine Diskontinuität wird erscheinen, wenn mehr als N_w nächste Nachbarn von x gleich weit entfernt von x sind. In solchen Fällen wird ein k-NN Suchalgorithmus (i.e. ein k-dimensionaler Nearest Neighbour Suchalgorithmus) Nachbarn auf Geratewohl wählen, was von Rundungsfehlern abhängt oder von der Reihenfolge, in der die Nachbarn aus der Suchstruktur herausgezogen wurden. Jedoch wird $f(x)$ begrenzt bleiben und wenn man N_w vergrößert, wird die Wahrscheinlichkeit solcher Situationen abnehmen. Beispielsweise wird in kartesischen Koordinatensystemen N_w nach unten begrenzt, um solche Fehlerprobleme zu verhindern.

*QR-Zerlegung: siehe z.B. <http://de.wikipedia.org/wiki/QR-Zerlegung>

10.4 FINELTRA

10.4.1 Einführung

Die Schweiz verwendet für praktisch alle Vermessungsarbeiten ein Bezugssystem (CH1903) und einen Bezugsrahmen (LV03), welche sich auf hundertjährige Grundlagen der Landesvermessung stützen. Dementsprechend weist der Bezugsrahmen LV03 Verzerrungen im Meter-Bereich auf. Die modernen Satellitenmethoden ermöglichen es heute, einen um ein vielfaches genaueren neuen Bezugsrahmen für die Landesvermessung (LV95) zu verwenden. Die Verzerrungen sind in diesem Rahmen nur noch in der Größenordnung von 1 cm.

Das neue Bezugssystem kann jedoch aus organisatorischen Gründen nicht von einem Tag zum anderen in der amtlichen Vermessung eingeführt werden. Man braucht daher für die Übergangszeit mathematische Werkzeuge, um LV03 und LV95 nebeneinander zu verwenden und ineinander zu transformieren.

Ein solches Werkzeug stellt das Programm FINELTRA dar, das am IGP der ETH Zürich im Auftrag vom Bundesamt für Landestopographie entwickelt wurde. Im Programm ist die affine (lineare) Transformation mit finiten Elementen eingebaut.

Die Grundidee dabei ist, die Schweiz in Dreiecksmaschen zu unterteilen. Die Knoten sind in der Regel Punkte, für welche sowohl LV03- als auch LV95 Koordinaten vorliegen.

Für jedes Dreieck wird eine lineare Transformation so festgelegt, dass die Eckpunkte, die in beiden Koordinatensystemen bekannt sind, genau aufeinander abgebildet werden.

Die so bestimmte Affinität wird für alle Punkte des Dreiecks (im Innern und am Rand) verwendet.

Das Programm erlaubt dort eine sukzessive lokale Transformationsverbesserung durch Verdichtung der Transformationsstützpunkte, wo das neue Landessystem durch neue geodätische Messungen verdichtet wird.

Die Höhen der mit FINELTRA transformierten Punkte bleiben unverändert.

10.4.2 Das mathematische Modell

Die Grundidee von FINELTRA ist eine Zerlegung des gesamten Staatsgebietes in (finite) dreieckige Elementarflächen, innerhalb derer affine Koordinatentransformationen durchgeführt werden. Dreiecksüberlappungen und Lücken müssen vermieden werden.

Dieses Dreiecksnetz wird in seiner ersten Version definiert durch die Triangulationspunkte 1. und 2. Ordnung, die in die Diagnoseausgleichung der Landestriangulation einbezogen wurden. Für diese Punkte existieren die offiziellen Koordinaten LV03 und LV95-Koordinaten aus Anschlussmessungen an die LV95-Hauptpunkte. Sie können daher als Passpunkte für die Koordinatentransformation dienen. Der Definition des Dreiecksnetzes muss besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Es muss gewährleistet sein, dass Triangulationspunkte niederer (3. und 4.) Ordnung, Punkte der amtlichen Vermessung und alle anderen Detailpunkte durch die Transformation nur von denjenigen Passpunkten (1. und 2. Ordnung) beeinflusst werden, mit welchen sie durch Messungen verbunden waren. Diese bildeten auch die direkte oder indirekte Grundlage für die Koordinatenberechnung im heute geltenden Landessystem.

Damit das ganze Staatsgebiet der Schweiz und des Fürstentums Liechtenstein durch Dreiecke abgedeckt wird, mussten zum Teil im nahe gelegenen Ausland künstlich berechnete Transformationsstützpunkte eingeführt werden. Deren Koordinaten in LV03 und LV95 wurden aus den 'echten' Transformationsstützpunkten durch Extrapolation der Verzerrungen ermittelt.

Um die Transformationsgenauigkeit noch zu steigern, muss die bestehende Dreiecksvermaschung in den meisten Gebieten der Schweiz in Zukunft noch durch zusätzliche Stützpunkte verdichtet werden.

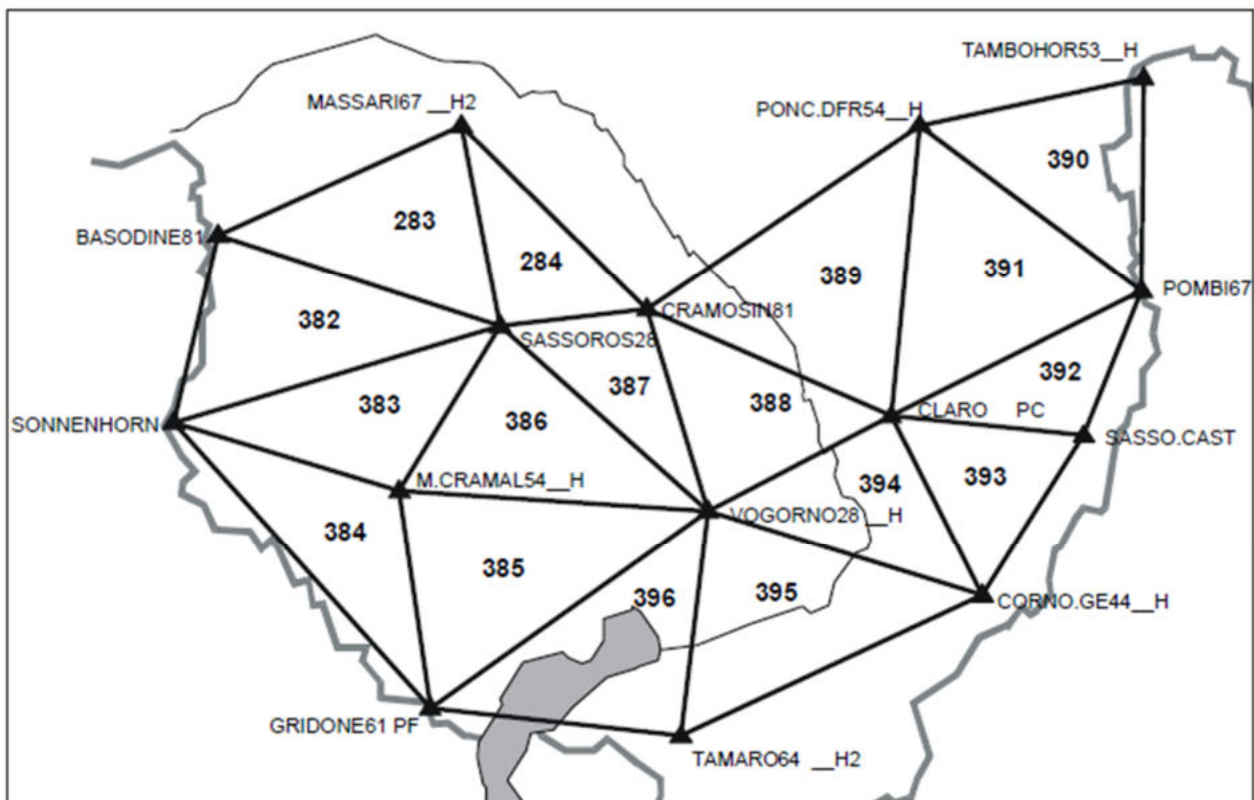


Abbildung 10 - 11 - Beispiel einer Dreiecksvermaschung für die Südschweiz.

Die Koordinatentransformation erfolgt punktwise. Für jeden umzurechnenden Punkt muss zunächst festgestellt werden, in welchem Vermaschungsdreieck er sich befindet.

Die transformierten Koordinaten im Zielsystem (Y' und X') werden als lineare Funktion der Koordinaten im Ausgangssystem (Y und X) berechnet:

$$X' = a_0 + a_1 X + a_2 Y$$

$$Y' = b_0 + b_1 X + b_2 Y$$

Diese allgemeinste lineare Transformation ist die bekannte affine Transformation. Die sechs Parameter (a_0 , a_1 , a_2 , b_0 , b_1 und b_2) werden aus den Passpunkt-Koordinaten für jedes Vermaschungsdreieck bestimmt.

10.4.3 Die numerische Lösung

Das Programm liest einen Punkt aus dem Eingabefile und prüft nach dem unten beschriebenen Verfahren ob er sich innerhalb eines bestimmten Vermaschungsdreiecks befindet. Der aktuelle Punkt T bildet zusammen mit den Dreieckspunkten T1, T2, T3 drei neue Dreiecke, für die eine Fläche P berechnet wird:

Surface P du triangle (T1,T2,T3) :

$$P = 0.5 [X_1(Y_2 - Y_3) + X_2(Y_3 - Y_1) + X_3(Y_1 - Y_2)]$$

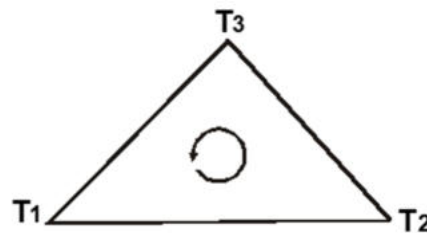


Abbildung 10 - 12 - Positiver Drehsinn

Wesentlich für die Flächenberechnung ist der Drehsinn. Bei positivem Drehsinn (Gegenuhrzeigersinn, siehe Abb. 2) erhält man eine positive Fläche. Unbedeutend ist die Wahl des ersten Punktes; wichtig ist lediglich die richtige Wahl des zweiten Punktes.

Folgende Fälle können unterschieden werden:

A) Der Punkt T befindet sich ausserhalb des Vermaschungsdreiecks:

Die Folge ist, dass zumindest eine der drei Teilflächen P1(T,T2,T3), P2(T1,T,T3) oder P3(T1,T2,T) negativ wird. Das Programm geht in diesem Fall zum nächsten Vermaschungsdreieck weiter.

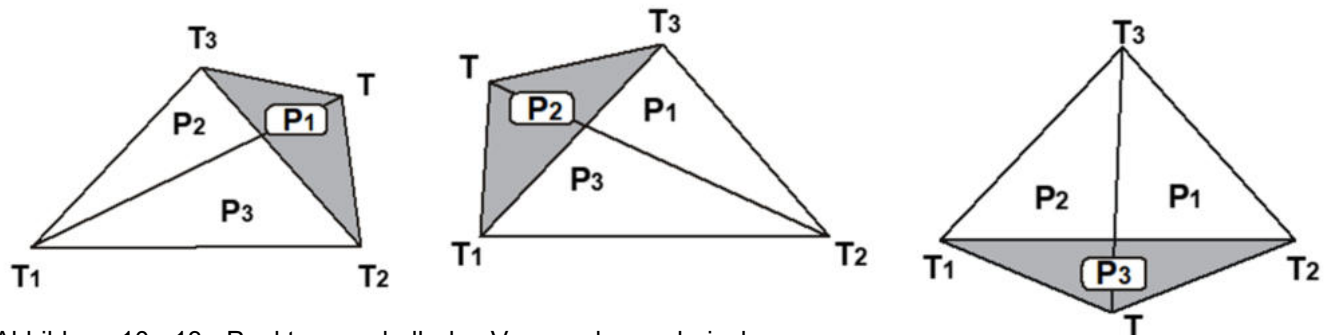


Abbildung 10 - 13 - Punkt ausserhalb des Vermaschungsdreiecks

B) Der Punkt befindet sich innerhalb des Vermaschungsdreiecks:

In diesem Fall sind alle drei Teilflächen positiv und das für die Interpolation gesuchte Vermaschungsdreieck ist somit gefunden. Ebenfalls als gefunden gilt ein Dreieck, wenn 1 (Kante) oder 2 (Ecke) Teilflächen Null und die übrigen positiv sind.

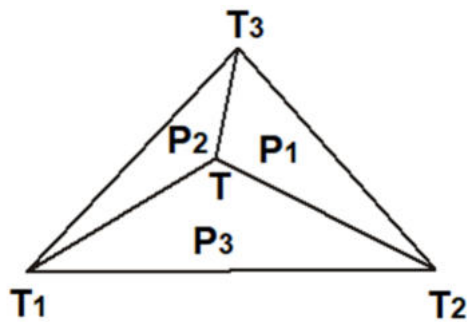


Abbildung 10 - 14 - Punkt innerhalb des Vermaschungsdreiecks

Die Interpolationsverbesserungen (DY und DX) werden in diesem Fall nach folgender Formel berechnet:

$$DY = \frac{v_{y1}P_1 + v_{y2}P_2 + v_{y3}P_3}{P_1 + P_2 + P_3} \quad \text{mit} \quad v_{yi} = Y'_i - Y_i$$

$$DX = \frac{v_{x1}P_1 + v_{x2}P_2 + v_{x3}P_3}{P_1 + P_2 + P_3} \quad \text{mit} \quad v_{xi} = X'_i - X_i$$

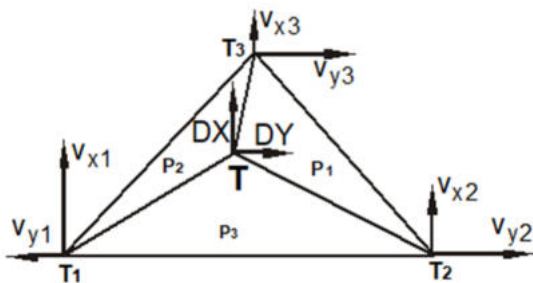


Abbildung 10 - 15 - Berechnung der Koordinatenverbesserungen

Den grössten Einfluss auf den Betrag der Koordinatenverbesserungen übt derjenige Passpunkt aus, dem die grösste Dreiecksfläche gegenüber liegt.

Die definitiv transformierten Koordinaten werden nach folgender Formel bestimmt:

$$Y' = Y + DY$$

$$X' = X + DX$$

10.4.4 Hauptmerkmale der Transformation

- Die Transformation ist eindeutig und umkehrbar, so dass stets durch Rücktransformation wieder identische Koordinaten erhalten werden.
- Die Transformation der Passpunkte ergibt exakt die bekannten Zielkoordinaten.
- Die Zwischenpunkte werden homogen und ohne Überkorrekturen transformiert.
- Eine Passpunkt-Verdichtung in einem Dreieck beeinflusst die anderen Dreiecke nicht. Eine sukzessive Verbesserung ist daher möglich.
- Die Berechnung ist wenig aufwändig und kann durch alle Benutzer durchgeführt werden.
- Die Transformation über finite Elemente kann mit jeder anderen komplexeren Vortransformation kombiniert werden.

10.4.5 Das Dreiecksvermaschungsfile

Das einmal erstellte Dreiecksvermaschungsfile gilt für das gesamte Staatsgebiet und darf nur mit Genehmigung der verantwortlichen Stellen geändert werden. Lokale Änderungen können entweder in der Dreiecksdefinition oder durch Koordinatenänderungen der Passpunkte vorgenommen werden. Benutzer müssen darüber informiert werden und ggf. müssen ihnen die aktualisierten Dreiecksvermaschungsfiles zur

Verfügung gestellt werden (Prinzip der zentralen Verwaltung).

Das Dreiecksvermaschungsfile beinhaltet 3 Teile: 1. die Dreiecksdefinitionen, 2. die Ausgangskordinaten (z.B. LV03) und 3. die Zielkoordinaten (z.B. LV95). Die einzelnen Teile sind jeweils durch eine Zeile getrennt, welche mit '-999' beginnt.

Teil 1: Definition der Dreiecksvermaschungen

Nach 3 Titelzeilen erfolgt die Definition der Dreiecksvermaschung. Dieser Teil hat folgende Struktur:

Pos.	Typ	Bedeutung	Bemerkungen
1-7	Text	Dreiecksnummer	fortlaufende Nummerierung
8-21	Text	Name 1. Dreieckspunkt	beliebiger Punkt des Dreiecks
23-36	Text	Name 2. Dreieckspunkt	im Gegenuhrzeigersinn
38-51	Text	Name 3. Dreieckspunkt	im Gegenuhrzeigersinn
53-56	Ganze Zahl	Jahr der Definition	Jahr der Einführung des Dreiecks
58-61	Ganze Zahl	Jahr der Elimination	Jahr der Aufhebung des Dreiecks
63-67	Ganze Zahl	Kontrollcode	im Moment ohne Bedeutung

L+T - BERN, Ueberarbeitung 28. November 2001

TITEL: ARBEITSDATEI FUER DIE KOORDINATENTRANSFORMATION UEBER FINITE ELEMENTE

DREIECKSVERMASCHUNGSDEFINITION : STAND DER NACHFUERUNG: 1996

1 HASPEL78 KALTWANGEN H.RANDEN78ZPH 1993
 2 KALTWANGEN B.RANDEN H.RANDEN78ZPH 1993
 3 B.RANDEN HOHENTWIELBPPF H.RANDEN78ZPH 1993
 4 B.RANDEN STAMMHEIM N HOHENTWIELBPPF 1993
 5 B.RANDEN ANDELFINGEPF STAMMHEIM N 1993

...

...

548 POUILLER71__H FAUX.ENS64BPH TSP19 1993
 549 TSP19 FAUX.ENS64BPH TSP20 1993
 550 FAUX.ENS64BPH GLASERBERGTP TSP20 1993
 551 SCESAPLANA TSP2 H.FRESCH26ZPH 1993
 552 TSP9 CAMPO.FI29 GRIDONE61 PF 1993

-999

Teil 2: Ausgangskordinaten

Nach einer Titelzeile, welche mit "\$\$PK" beginnen muss, folgen die Koordinaten der Dreieckspunkte im Ausgangssystem. Üblicherweise enthält dieser Teil die Koordinaten im LV03. Die einzelnen Kolonnen haben folgende Bedeutung:

Pos.	Typ	Bedeutung	Bemerkungen
1-14	Text	Name des Punktes	muss identisch sein mit Name aus Teil 1
16-27	reelle Zahl	Y-Koordinate in [m]	Ostwert
28-39	reelle Zahl	X-Koordinate in [m]	Nordwert

41-44	ganze Zahl	Jahr der Einführung	Zeitpunkt, ab welchem diese Koordinaten gültig sind
46-53	reelle Zahl	Höhe	wird in FINELTRA nicht verwendet
63-67	Ganze Zahl	Kontrollcode	im Moment ohne Bedeutung

```

$PKCOORD.FILE OFFIZIELLE KOORDINATEN DER REFERENZPUNKTE, ERGAENZT AM 5.4.93/CH
AERMIGHO47  621081.7100 154516.6700 1993 2742.4300
ALBIS  PF  682732.7400 235616.0300 1993 878.9900
ALTELS21    618433.6900 141982.0900 1993 3629.4000
ANDELFINGEPF 693682.7400 272191.0700 1993 445.9200
B.RANDEN    685740.5800 284456.8100 1993 649.5000
...
...
WEISSFLUH PF 779675.0100 189818.9600 1993 2844.3300
WILIBERG61ZPH 644396.2700 235298.1100 1993 684.9800
WISENBER80ZPH2 633458.4900 250274.4500 1993 1001.5300
YENS77      521209.8700 153382.6600 1993 655.4600
ZIMMERWALDSW 602062.2800 191792.9000 1993 897.8400
-999

```

Ein Punkt kann dabei mehrfach mit unterschiedlichen Koordinaten und unterschiedlichem Jahr der Einführung in der Liste vorkommen.

Teil 3: Zielkoordinaten

Nach einer Titelzeile, welche mit «\$PK» beginnen muss, folgen die Koordinaten der Dreieckspunkte im Zielsystem. Üblicherweise enthält dieser Teil die LV95-Koordinaten. Die einzelnen Kolonnen haben dabei dieselbe Bedeutung wie im Teil 2.

```

$PKDef. Berechnung DIA95 27.2.96 11:24 (1 Identitaet pro Pkt fuer FINELTRA)
AERMIGHO47  2621081.54 1154516.58 1993
ALBIS  PF  2682733.56 1235615.90 1993
ALTELS21    2618433.31 1141982.10 1993
ANDELFINGEPF 2693683.80 1272190.87 1993
B.RANDEN    2685741.75 1284456.54 1993
.
.
.WEISSFLUH PF 2779675.78 1189818.85 1993
WILIBERG61ZPH 2644396.89 1235298.23 1993
WISENBER80ZPH2 2633458.99 1250274.69 1993
YENS77      2521209.41 1153383.27 1993

```

Das binäre Format des Dreiecksvermaschungsfiles

Das in den vorangehenden Kapiteln beschriebene «klassische» Format des Files der Dreiecksvermaschung bewährt sich mit der relativ geringen Anzahl Dreiecke, wie sie heute definiert ist. Es hat sich jedoch gezeigt, dass bei einer grossen Anzahl Dreiecke die Zuordnung der Koordinaten zu den Dreieckspunkten unverhältnismässig viel Rechenzeit in Anspruch nimmt.

Deshalb existiert ab der Version 2002 von FINELTRA eine binäre Form des Files der Dreiecksvermaschung, welche die Rechenzeit für eine Transformation stark verkürzt. Dieses File enthält im

Wesentlichen dieselben Informationen wie das 'klassische' Fileformat und kann mit FINELTRA selbst aus einem 'klassischen' File erzeugt werden. Das binäre Format hat zudem den Vorteil, dass das File besser vor ungewollten Veränderungen geschützt ist.

10.4.6 Die Verzerrungskomponenten der affinen Abbildung

In Kapitel 2.1 wurde erwähnt, dass dem mathematischen Modell von FINELTRA pro Vermaschungsdreieck eine ebene (lineare) affine Abbildung zu Grunde liegt. Die allgemeinste der möglichen Darstellungsweisen dieser Abbildung ist die folgende (dies entspricht der Matrixschreibweise der Gleichungen aus Kapitel 2.1):

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 \\ b_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (6.1)$$

Die 6 Parameter dieser Abbildung werden durch 3 Stützpunkte, welche nicht auf einer Geraden liegen, festgelegt. Die Matrix mit den Elementen a_1 , a_2 , b_1 , b_2 wird dabei als Deformationsmatrix F bezeichnet.

Die wichtigsten Merkmale der affinen Abbildung sind die folgenden:

- Geraden gehen in Geraden über (lineare Abbildung)
- Parallelen werden erhalten
- Strecken- und Flächenverhältnisse bleiben erhalten
- Kreise gehen in Ellipsen über
- sie ist weder flächen- noch winkeltreu

Die Parameter a_0 und b_0 können als Translation der beiden Systeme betrachtet werden. Die beiden Koeffizienten a_1 und b_1 liegen bei nur leicht verzerrten Netzen in der Grössenordnung von 1 und bezeichnen die Massstäbe in Nord-Süd- bzw. West-Ost-Richtung. Die Koeffizienten a_2 und b_2 liegen in nur leicht verzerrten Netzen nahe bei 0. Ihre geometrische Interpretation ist der Tangens des Winkels um welchen die jeweiligen Koordinatenachsen gedreht werden. Demnach ist $a_2 = \tan(\beta)$ ein Mass für die Drehung der Y-Achse und $b_1 = \tan(\alpha)$ ein Mass für die Drehung der X-Achse. Diese beiden Winkel werden auch als Scherwinkel bezeichnet.

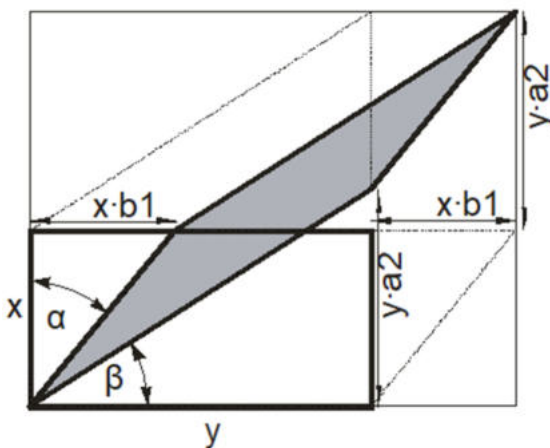


Abbildung 10 - 16 - Beispiel einer Scherung

Die Parameter a_0 , a_1 , a_2 , b_0 , b_1 und b_2 sind stark mit den Richtungen der Koordinatenachsen verknüpft. Um weitere Betrachtungen der Verzerrungsverhältnisse zu ermöglichen, existieren deshalb weitere Darstellungen der affinen Abbildung, bei welchen die Koeffizienten eine leichter erkennbare geometrische Bedeutung haben. Zum Beispiel lässt sich die Deformationsmatrix F in eine Rotationsmatrix D und eine symmetrische Verzerrungsmatrix E (Verzerrungstensor, Strain Tensor) aufspalten:

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dy \\ dx \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \omega & \sin \omega \\ -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r & s \\ s & t \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (6.2)$$

Damit wird die reine Bewegung des Dreiecks (Translation und Rotation) von der Deformation (Massstab und Scherung) getrennt.

Der Zusammenhang zwischen den Koeffizienten der Matrix F und derjenigen der Matrizen D und E ist der folgende, wie man leicht durch Gleichsetzen der Elemente aus (6.1) mit (6.2) erkennen kann:

$$\omega = \arctan \frac{a_2 - b_1}{a_1 + b_2} \text{ und danach}$$

$$r = a_1 \cdot \cos \omega - b_1 \cdot \sin \omega$$

$$s = a_1 \cdot \sin \omega + b_1 \cdot \cos \omega = a_2 \cdot \cos \omega - b_2 \cdot \sin \omega$$

$$t = a_2 \cdot \sin \omega + b_2 \cdot \cos \omega$$

Der Winkel ω entspricht der mittleren Rotation. Die beiden Grössen r und t können in dieser Darstellung ebenfalls als Massstäbe in Richtung der gedrehten Koordinatenachsen interpretiert werden. Sie sind wegen der nur kleinen Rotationen in geodätischen Netzen praktisch identisch mit den Parametern a_1 und b_2 . Der Scherwinkel $\sigma = \arctan(s)$ ist im gedrehten System in beiden Achsrichtungen gleich gross.

Je nach gewähltem Koordinatensystem sind also die Massstäbe und die Scherwinkel unterschiedlich. Es lässt sich nun ein Koordinatensystem finden, bei welchem die Massstäbe extremal werden und die Scherungen verschwinden. Dabei handelt es sich um das so genannte Hauptachsensystem:

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dy \\ dx \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (6.3)$$

Man dreht also zunächst ins Hauptachsensystem, bringt danach die beiden Massstäbe an und dreht wieder zurück ins ursprüngliche System (Drehwinkel $-\theta$).

Die Auflösung des Systems (gleichsetzen von 6.3 mit 6.2) ergibt:

$$m_1 = \frac{1}{2} \left(r + t + \sqrt{(r-t)^2 + 4s^2} \right)$$

$$m_2 = \frac{1}{2} \left(r + t - \sqrt{(r-t)^2 + 4s^2} \right)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \frac{2s}{r-t}$$

Dabei handelt es sich um die grosse und kleine Halbachse der Verzerrungsellipse und den Richtungswinkel der grossen Halbachse. Diese 3 Grössen beschreiben die Verzerrungsverhältnisse vollständig. Sie entsprechen den Elementen der in den Kartenprojektionen verwendeten Tissot'schen Indikatrix.

$$\rho = \frac{1}{2} \sqrt{(r-t)^2 + 4s^2}$$

Der Ausdruck entspricht der grössten Richtungsverzerrung.

Das Produkt von m_1 und m_2 ergibt die Flächenverzerrung (Dilatation) einer affinen Abbildung und die Wurzel daraus liefert den durchschnittlichen Massstabsfaktor k . Für die kleinen Verzerrungen wie sie in geodätischen Netzen vorkommen, kann dieser Wert auch durch das arithmetische Mittel ersetzt werden:

$$k = \sqrt{m_1 \cdot m_2} = \sqrt{r \cdot t - s^2} = \sqrt{a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1} \approx \frac{m_1 + m_2}{2} \approx \frac{r + t}{2} \approx \frac{a_1 + b_2}{2}$$

Die Flächenverzerrung und damit auch die Dilatation lässt sich also auch als Determinante der Deformationsmatrix F oder der Verzerrungsmatrix E berechnen und ist unabhängig vom gewählten Koordinatensystem.

Wenn der mittlere Massstab k noch von der Verzerrungsmatrix E separiert wird, so erhalten wir eine weitere Darstellung, bei welcher die affine Transformation in eine Ähnlichkeitsabbildung (Translation, Rotation, Massstab) und eine reine Scherung (Winkelverzerrung) aufgeteilt werden kann:

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dy \\ dx \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \omega & \sin \omega \\ -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \cdot k \cdot \begin{bmatrix} r/k & s/k \\ s/k & t/k \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (6.4)$$

Für nur leichte Verzerrungen, lässt sich daraus noch eine vereinfachte lineare Darstellung bilden:

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dy \\ dx \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1+\sigma & \omega \\ -\omega & 1+\sigma \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1+\tau & v \\ v & 1-\tau \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (6.5)$$

wobei die 4 Parameter folgende Bedeutung haben:

σ : Extension (mittlerer Massstabsfaktor) $\approx \frac{r+t}{2} - 1$

ω : mittlere Rotation (im Bogenmass) $\approx \frac{a_2 - b_1}{2}$

τ : (Tau, erste Scherkomponente, differentieller Massstabsfaktor) $\approx \frac{r-t}{2}$

ν : (Nu, zweite Scherkomponente, differentielle Richtungsänderung) $\approx s$

Diese 4 Grössen (σ , ω , τ , ν) sind dimensionslose Grössen und liegen bei nur leicht verzerrten Netzen in der Nähe von Null. Sie werden deshalb oft in der Einheit μstrain (Mikrostrain) ausgedrückt, was der Einheit ppm (parts per million) entspricht.

Die Grösse $\gamma = \sqrt{\tau^2 + \nu^2}$ wird als totale Scherung (total shear) bezeichnet und entspricht der maximalen Richtungsverzerrung. Sie ist unabhängig vom gewählten Koordinatensystem und tritt in nur leicht verzerrten Netzen in einem Winkel von ca. 45° zu den Hauptachsen auf.

Weitere aus diesen Grössen ableitbare Grössen, wie zum Beispiel Massstabsfaktoren in einer bestimmten Richtung, Richtungsverzerrungen in beliebigen Richtungen oder Winkelverzerrungen werden in FINELTRA nicht berechnet. Es seien hier deshalb nur die reinen Formeln angegeben:

Massstabsfaktor m im Azimut α :

$$m = r \cdot \cos^2 \alpha + s \cdot \sin 2\alpha + t \cdot \sin^2 \alpha$$

Richtungsverzerrung ρ im Azimut α (Näherung, ohne Berücksichtigung der mittleren Rotation):

$$\rho = s \cdot \cos 2\alpha + \frac{1}{2}(t-r) \cdot \sin 2\alpha$$

Winkelverzerrung g eines Winkels mit den Schenkeln in Richtungen α_1 und α_2 :

$$g = \rho_2 - \rho_1 = s \cdot (\cos 2\alpha_2 - \cos 2\alpha_1) + \frac{1}{2}(t-r) \cdot (\sin 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_1)$$

Bemerkung zur Winkelverzerrung: Wenn wir für α_1 0° und für α_2 90° einsetzen, so erhalten wir $g = -2s$ oder die doppelte totale Scherung, welche auch als Ingenieurscherung bezeichnet wird. Damit haben wir noch eine weitere geometrische Bedeutung der totalen Scherung gefunden: Die rechtwinkligen Koordinatenlinien im Ursprungssystem schneiden sich nach der affinen Abbildung in einem Winkel, welcher der doppelten totalen Scherung entspricht.

11 Referenzen

- [1] Ahrens, B.: Ein Algorithmus zur Restklaffenverteilung mit der Natural Neighbour In-terpolation - Der Vermessungsingenieur. Wiesbaden 55 (4), S. 286–290, 2004.
- [2] Ansermet A.: Application de la théorie de l'équivalence en géodésie et en statique - Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie, 61. Jahrgang, Buchdruckerei Winterthur AG, 1963
- [3] Bochkhanov S. A.: ALGLIB Reference Manual - Interpolation and fitting, Nizhny Novgorod, 1999.
- [4] Bolliger J.: Die Projektionen der Schweizerischen Plan- und Kartenwerke, Druckerei Winterthur AG, Winterthur, 1967.
- [5] Carosio A.: Robuste Ausgleichung. VPK 11-1979.
- [6] Carosio A.: Anwendung von Interpolationsverfahren in der Landestriangulation. VPK 10-1980.
- [7] Carosio A., Burnand T., Vogel B., Meier W., Dorfschmid, J.: Zuverlässigkeit in der Vermessung. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, Bericht no. 169, 1990
- [8] Carosio A. et Reis O.: Méthodes géodésiques et modèles mathématiques pour l'implantation des nouvelles transversales alpines, ETHZ, Actes du 3ème CITOP Paris, Londres, 1994.
- [9] Konzett R.: Fehlertheorie und Ausgleichungsrechnung. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, 1976 (Vorlesung).
- [10] Ehler, D.: Rechenprogramme zur Ausgleichung grosser Dreiecksnetze, DGK, Reihe C, Heft 140, 1969.
- [11] Grossmann W.: Grundzüge der Ausgleichungsrechnung. Springer, Berlin, 1969
- [12] Gurtner, W.: Das Geoid in der Schweiz - Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, SGK, Zweiunddreissigster Band, 1978.
- [13] Hein G.W. et K. Lenze: Zur Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit verschiedener Interpolations- und Prädiktionsmethoden. ZfV 11-1979.
- [14] Hettwer, J., Benning, W.: Restklaffenverteilung mit der Natural-Neighbour-Interpolation - Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN). 110 (4), S. 122–129, 2003.
- [15] Huber P.J.: Robust Estimation of a Location Parameter. Ann. Math. Statist., 1964.
- [16] Huber P.J.: Robust Estimation. Zeitschr. für Wahrscheinlichkeitstheorie und Verw. Gebiete, 10-1968
- [17] Huber P.J.: Robust Regression: Asymptotics, conjectures and Monte Carlo. Ann. Math. Statist., 1/5, 1973.
- [18] Kanani E., Institut für Geodäsie und Photogrammetrie: Robust Estimators for Geodetic Transformations and GIS, Mitteilungen Nr. 70, Zürich, 2000.
- [19] Kobold, F.: Vermessungskunde, Zürich, 1958.
- [20] Linkwitz K.: Über die Systematik verschiedener Formeln der Ausgleichungsrechnung. ZfV 5-1960.
- [21] Pelzer H.: Some criteria for the accuracy and the reliability of geodetic networks, DGK, B, No. 252, Munich, 1980
- [22] Renka R.J.: Multivariate Interpolation of Large Sets of Scattered Data, University of North Texas, 1988.
- [23] Schaub E.: Benutzeranleitung TRANSINT. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich, Juni 1992.
- [24] Shepard, Donald: A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data - Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference, New York, NY, USA: ACM (ACM '68), p. 517–524, DOI: 10.1145/800186.810616, 1968.
- [25] Stiefel E.: Einführung in die numerische Mathematik. Teubner, Stuttgart, 1963.
- [26] swisstopo: Bulletin des Rechenzentrums L+T: Nr. 4: Die geodätischen Programmsystemen, 1980.
- [27] swisstopo Marti U., Carosio A.: Manual 03-d TRANSINT – Robuste Ähnlichkeitstransformation, robuste affine Transformation und Interpolation nach dem arithmetischen Mittel, Wabern, 2002.
- [28] swisstopo Marti U., Nocera R.: Manual 06-d FINELTRA – Affine Transformation von

Lagekoordinaten mit finiten Elementen und Umrechnung von LV03 in LV95 und umgekehrt, Wabern, 2003.

[29] swisstopo Schneider D. & al.: Doku Nr. 8 Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95', Teil 3, Terrestrische Bezugssysteme und Bezugsrahmens, 1995.

[30] swisstopo Schlatter A., Marti U.: Doku Nr. 20 Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' Teil 12: Landeshöhenetz 'LHN95': Konzept, Referenzsystem, kinematische Gesamtausgleichung und Bezug zum Landesnivellement 'LN02', 2007.

[31] swisstopo Vogel B., Burkard M. & al. Doku Nr. 21 Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95', Teil 13: Einführung des Bezugsrahmens 'LV95' in die Nationale Geodateninfrastruktur, 2009.

[32] swisstopo, Benutzerhandbuch zu INTERLIS 1, INTERLIS Ein Datenaustausch-Mechanismus für Land-Informationssysteme Modellieren raumbezogener Daten, 1999.

[33] Torge W, Geodäsie, Walter de Gruyter, Berlin, 1975

[34] Walter M.: Compensation d'observations médiates par la méthode robuste. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, Bericht Nr. 37, 1980.

[35] Wicki F., Institut für Geodäsie und Photogrammetrie: Robust Schätzverfahren für die Parameterschätzung in geodätischen Netzen: Mitteilungen Nr. 67, Zürich, 1999.

[36] Wolf H.: Ausgleichungsrechnung. Dümmler, Bonn, 1975.

[37] swisstopo Gubler, E. (2002) Beschreibung zum Programm LTOP Version 94, swisstopo Manuals 02-d. Wabern: swisstopo.

12 Anhänge

12.1 A - Erstellung einer thematischen Karte in GeoSuite

12.1.1 Rohdarstellung

Die in Abbildung 12 - 1 dargestellte «Roh-» Darstellung eines Bezugsrahmenwechsels (LV03 nach LV95) mit einer 2-Parameter-Transformation (Translation 2 Mio./1 Mio.), dargestellt durch die Verschiebungsvektoren (diff_ex1.csv) ergibt wenig lesbare Informationen. Mit Hilfe der Ebenentools «Eigenschaften... – Allgemeine Optionen», «Beschreibungen ausblenden», «Duplizieren...», «Umbenennen...» und «Eigenschaften... – Darstellungsfiler» ist es möglich, eine thematische Karte der Verschiebungsänderungen über die ganze Schweiz zu realisieren.

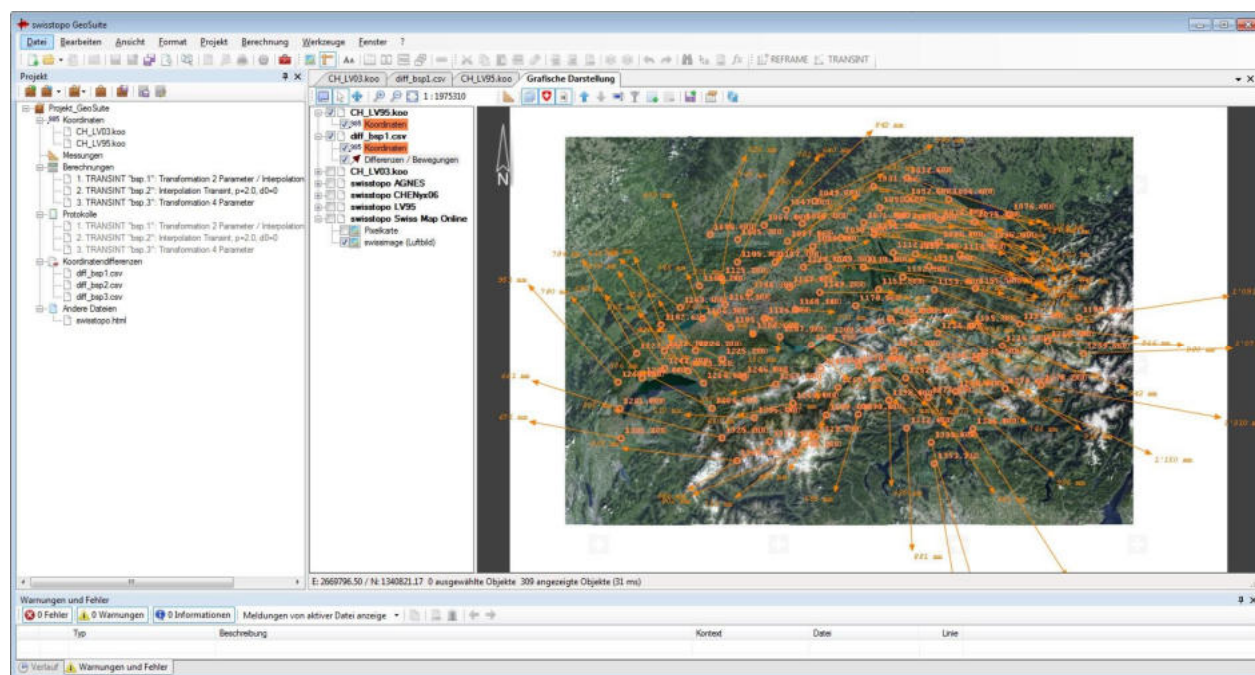


Abbildung 12 - 1 - Unbearbeitete Visualisierung eines Bezugsrahmenwechsels

12.1.2 Benützung der Ebeneneigenschaften

Zunächst soll die Grösse der Vektoren angepasst werden, indem in den Ebeneneigenschaften  ihr Massstabsfaktor verändert wird. Zur Erhöhung der Lesbarkeit können anschliessend die Labels der Koordinaten mit einem Rechtsklick auf die Ebenen entfernt werden (siehe Abbildung 12 - 2).

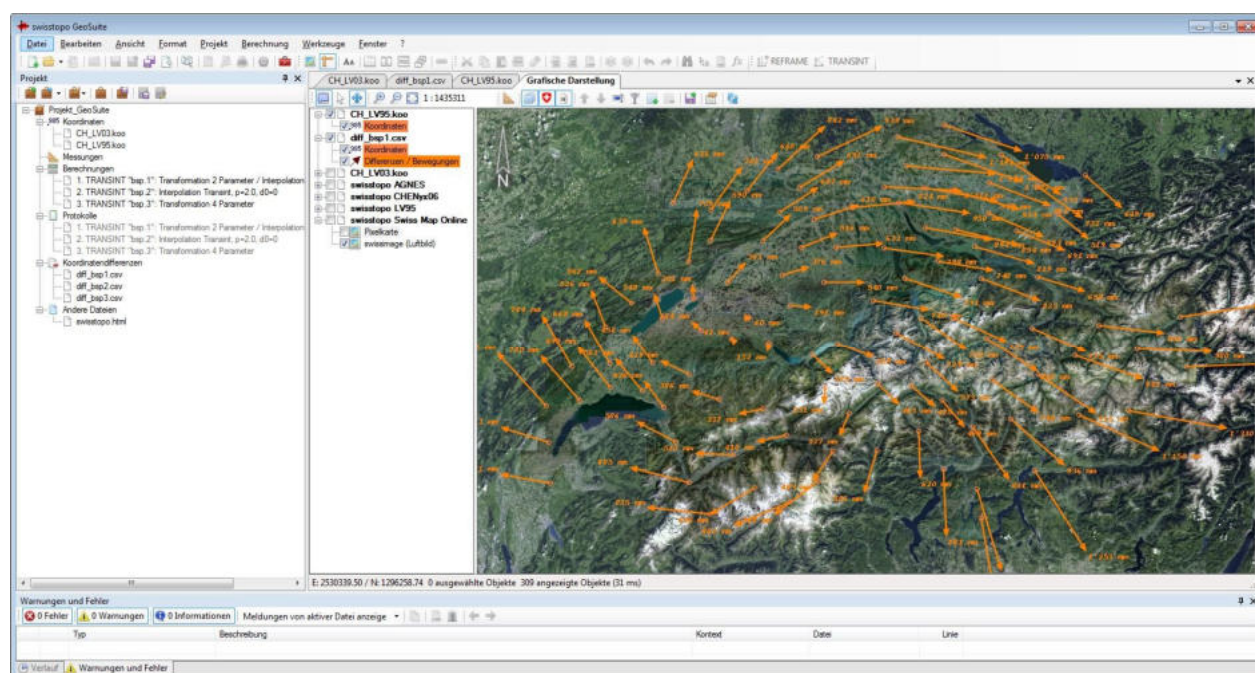


Abbildung 12 - 2 - Optimierte Darstellung in einem geeigneten Massstab

Über die Duplizierung, Umbenennung und Filterung der Ebene mit den Differenzen/Verschiebungen ist es weiter möglich, eine spezielle Thematik hervorzuheben. In Abbildung 12 - 3 wurden die Filter « grösser und kleiner als 50 cm » auf die Verschiebungskomponente dE angewandt, um die Regionen mit den grössten dE-Differenzen zu beleuchten.

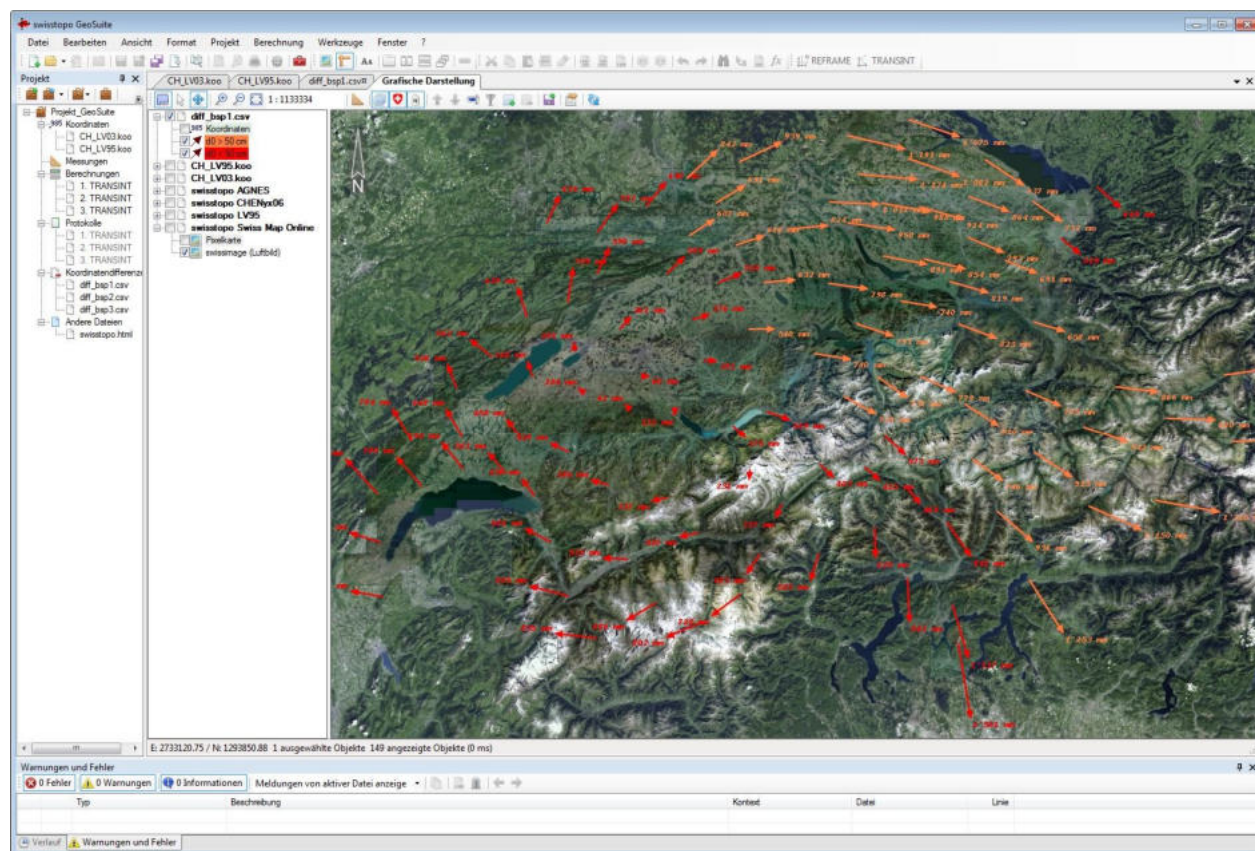


Abbildung 12 - 3 - Darstellung einer thematische. Karte mit dE grösser (orange) und kleiner (rot) als 50 cm