



Netzausgleichung mit VESTRA leicht gemacht

Von Dipl.-Ing. (FH) Marco Schrempp

Im Vorfeld der Fußballweltmeisterschaft wurden viele infrastrukturelle Einrichtungen geschaffen, deren Realisierungen hohe Ansprüche an die Geodäten stellten. Genaue Bauabsteckungen und baubegleitende Überwachungsmessungen erfordern zu Beginn einer jeden größeren Baumaßnahme die Schaffung präziser und verzerrungsfreier Basissysteme. Diese Aufgabe übernehmen in der modernen Geodäsie leistungsfähige Ausgleichungsprogramme wie die VESTRA-Netzausgleichung, die im folgenden Beitrag vorgestellt wird.

Dipl.-Ing. (FH) Marco Schrempp ist bei der AKG Software Consulting GmbH in den Bereichen Schulung und Programm-Abnahme tätig.

NETZ2D

© Geodätisches Institut Universität Karlsruhe

HEIDI

© Prof. Dr. Reiner Jäger, FH Karlsruhe – Hochschule für Technik

Allgemeines

Die Berechnungsalgorithmen des VESTRA-Moduls Netzausgleichung, das für alle VESTRA-Plattformen erhältlich ist, basieren auf den Programmsystemen **NETZ2D** (Lageausgleichung) und **HEIDI** (Höhenausgleichung). Sie ermöglichen die Ausgleichung und Analyse ein- und zweidimensionaler redundanter geodätischer Netze nach der Methode der kleinsten Quadrate. Zur Beurteilung der Ergebnisse sind neben Genauigkeitsanalysen auch statistische Testverfahren (Global- und Einzeltests) integriert, die grobe Fehler im Beobachtungsmaterial aufdecken. Sämtliche Beurteilungsgrößen werden in der VESTRA-Netzausgleichung nicht nur in einer Liste dargestellt, sondern beim Mouseover „on the fly“ dargestellt. Damit erhält der Anwender im Handumdrehen eine visuelle Kontrolle.

Punkt 7645.700	
Fehlerellipse a / m	0.00215
Fehlerellipse b / m	0.00207
Fehlerellipse Richtung / Gon	155.45272
Punktfehler nach Helmet / m	0.00298
Konfidenzintervall / m	0.00000
Zuverlässigkeit nA / m	0.00737
Zuverlässigkeit nB / m	0.00108
Zuverlässigkeit nH / m	0.00000
Zuverlässigkeit dirNA / m	2.39092
Grober Fehler in X / m	0.00000
Grober Fehler in Y / m	0.00000
Grober Fehler in Z / m	0.00000
Redundanzanteil in XY / m	0.00000
Redundanzanteil in Z / m	0.00000

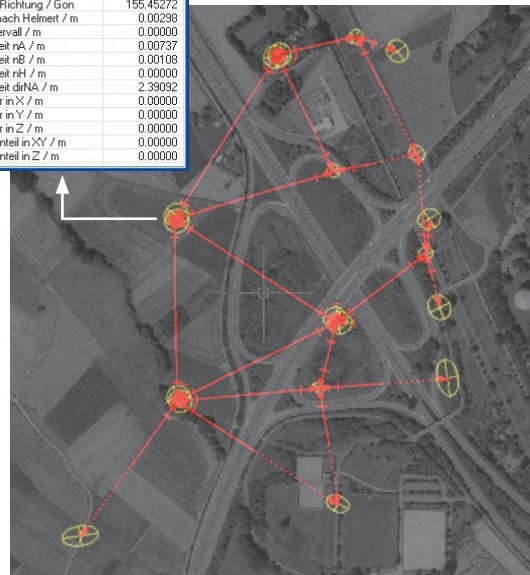


Abb. 1: Mouseover Fehlerbetrachtung

Integrierte Ausgleichungsverfahren

Alle Ausgleichungsverfahren können lage-, höhenmäßig oder kombiniert angewandt werden:

- *freie Ausgleichung*: wahlweise als Gesamtspur- oder Teilspurminimierung möglich, zur Aufdeckung grober Beobachtungsfehler und zur Beurteilung der inneren Netzgeometrie
- *stochastische Ausgleichung*: zur Beurteilung der Güte der Anschlusspunkte
- *hierarchische Ausgleichung*: zur Berechnung der endgültigen Neupunktkoordinaten

Integrierte Testverfahren

Statistische Testverfahren dienen hier zum Auffinden von groben Fehlern im Beobachtungsmaterial und sind daher aus der modernen Geodäsie kaum noch wegzudenken. Voraussetzung für solche Verfahren sind neben redundanten Messungen Schätzwerte für die zu erwartenden (a-priori) Genauigkeiten der einzelnen Beobachtungen (Richtungen, Strecken, Zenitdistanzen, Höhenunterschiede etc.), die den nach der Ausgleichung (a-posteriori) erzielten Genauigkeiten gegenübergestellt werden, sowie die Vorgaben der Irrtumswahrscheinlichkeit Alpha (5%) und der Testgüte Beta (80%). Im Modul Netzausgleichung wird zwischen dem Globaltest und den Einzeltests unterschieden. Der Globaltest ist den Einzeltests vorgeschaltet und beurteilt das gesamte Netz bzw. dessen mathematisches Modell. Eine mögliche Ablehnung kann beispielsweise in der falschen Annahme der a-priori Genauigkeiten, einer unzureichenden Modellbildung oder an der Verzerrung durch bestehende grobe Fehler im Beobachtungsmaterial liegen. Seine Ablehnung ist also nicht zwingend auf eine einzelne Fehlerart zurückzuführen! Diese Aufgabe übernehmen die Einzeltests in Form der a-priori bezogenen normierten Verbesserung des a-posteriori bezogenen Student-Test (t-Test).

Vorgaben

Folgende Beobachtungen und Vorgaben fließen in die VESTRA-Ausgleichung mit ein:

- Horizontalrichtungen, Zenitdistanzen, Höhenunterschiede, Strecken
- A-Priori-Standardabweichungen für Richtungen, Zenitdistanzen, Strecken, Höhenunterschiede, Instrumenten- und Zieltafelhöhen, für die Zentrierung und die Anschlusspunkte
- Erdradius, Mittlerer Rechtswert, Mittlere Höhe, Refraktionskoeffizient für die Geodätischen Korrekturen (GK- und Höhenreduktion)
- Koordinaten der Anschlusspunkte
- Maßstab optional wählbar, entweder durch Definition der ersten Streckengruppe oder aus der Netzberechnung resultierend

Jede Beobachtung oder jeder Anschlusspunkt kann wahlweise zur Berechnung aktiviert oder deaktiviert werden. Somit ist es möglich, gezielt fehlerbehaftete Messdaten aus der Ausgleichung herauszunehmen und ein optimales Ausgleichungsergebnis zu erzielen.

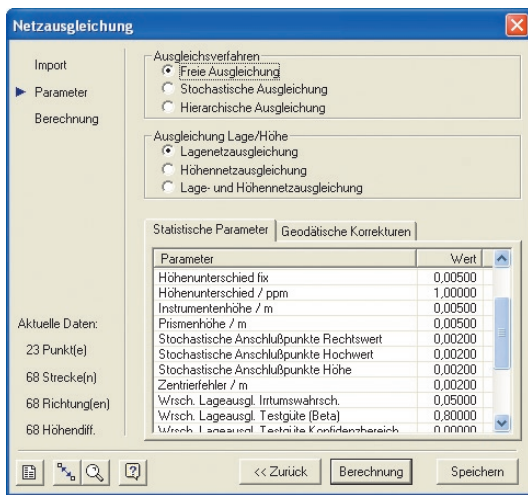


Abb. 2: Netzausgleichung mit Registerkarte „Statistische Parameter“

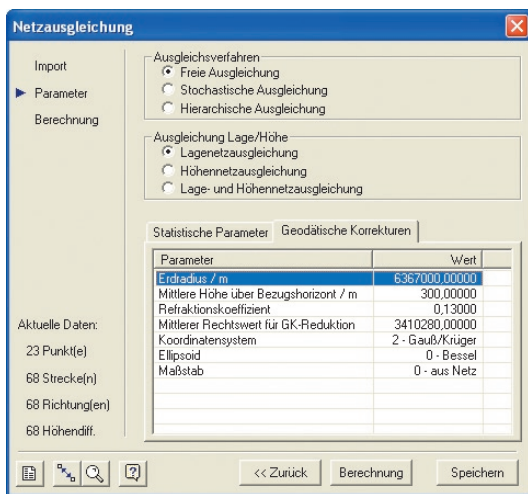


Abb. 3: Netzausgleichung mit Registerkarte „Geodätische Korrekturen“

Optimales Auswerteverfahren für die Praxis

Für Ingenieurnetze unabdingbar ist zunächst die Durchführung der freien Netzausgleichung zur Aufdeckung grober Beobachtungsfehler und zur Beurteilung der inneren Netzgeometrie. Bei dieser Art Ausgleichung findet eine Lagerung auf

den Näherungskoodinaten aller (Gesamtpurminimierung) oder auf ausgewählten Punkten (Teilsurminimierung) im Messgebiet statt. Dadurch erhält man als Ergebnis ein Punktenetz, das allein ein Abbild der Beobachtungen ist.

Grob fehlerhafte Beobachtungen werden zum einen durch die a-priori bezogene Normierte Verbesserung (NV) und zum andern durch den a-posteriori bezogenen Student-Test (t-Test) aufgedeckt. Sind die a-priori Genauigkeiten sehr gut bestimmt, erweist sich die Normierte Verbesserung als das sensiblere Verfahren im Hinblick auf das Aufdecken der kleineren unter den groben Fehlern. Sind dagegen die a-priori Genauigkeiten schlecht bestimmbar oder gibt es eine hohe Redundanz ($r > 20$), so findet der a-posteriori bezogene Student-Test Anwendung.

Zur Transformation der Neupunkte ins Landesnetz empfiehlt sich zunächst das Verfahren der stochastischen Ausgleichung. Dabei werden die Anschlusspunkte nicht als „fehlerfrei“ betrachtet, sondern gehen mit einer Standardabweichung, in der Regel 2 cm, in die Ausgleichung mit ein. Die Lagerung des Netzes findet somit in diesem Korridor der Festpunkte statt. Fehlerbehaftete Anschlusspunkte werden auf diese Weise entdeckt, so dass sie vom Ausgleichungsverfahren ausgeschlossen werden können und das Beobachtungsmaterial nicht mehr verfälschen.

Nachdem nun sowohl die Beobachtungen als auch die Anschlusspunkte kontrolliert sind, kann im letzten Schritt die Berechnung der endgültigen Neupunktkoordinaten über das Verfahren der hierarchischen Netzausgleichung erfolgen. Die Festpunkte gehen als „fehlerfreie“ Punkte in die Ausgleichung ein, weshalb im Vorfeld unbedingt die freie und die hierarchische Ausgleichung berechnet werden sollten.

Qualitätssicherung und -nachweis sind heute unverzichtbare Kriterien, mit denen sich sowohl der Auftraggeber als auch der Auftragnehmer absichert. Diese hohen Forderungen können letztlich nur durch redundante Netzmessungen mit anschließender Ausgleichung erfüllt und als erfüllt nachgewiesen werden. Mit herkömmlichen Verfahren, etwa mit Polygonzügen, wird man den heutigen Ansprüchen in der Kataster- und Ingenieurvermessung nicht mehr gerecht. ●

Aktiv	Gruppennr.	Standpunkt	Zielpunkt	Strecke gem.	Standarda...	Kommentar	T-Test	NV
<input type="checkbox"/>	00...	4	7643.000	7643.800	261.794	0.00252	2.29080	2.23562
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	4	7643.000	7643.800	261.795	0.00252	1.81784	1.79368
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	7	7643.800	7644.000	210.111	0.00242	1.59187	1.57770
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	5	7644.000	7643.000	311.533	0.00262	1.57000	1.55665
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	2	7645.000	7643.000	303.022	0.00261	1.28666	1.28173
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	5	7644.000	7643.000	311.532	0.00262	1.13148	1.12962
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	3	7642.000	7642.800	222.467	0.00244	1.09735	1.09603
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	3	7642.000	7642.800	222.467	0.00244	1.09735	1.09603
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	4	7643.000	7644.000	311.527	0.00262	1.00559	1.00553
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	4	7643.000	7645.000	303.027	0.00261	0.85663	0.85797
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	4	7643.000	7645.000	303.027	0.00261	0.85663	0.85797
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	7	7643.800	7643.000	261.801	0.00252	0.85656	0.85791
<input checked="" type="checkbox"/>	00...	7	7643.800	7643.000	261.801	0.00252	0.85656	0.85791

Abb. 4: Datenliste mit Auflistung der Streckenfehler