

# VERGLEICH VON ZWEI SOFTWAREPAKETEN FÜR DIE AUSGLEICHUNG GEODÄTISCHER NETZE

## Motivation

Der Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) nutzt seit vielen Jahren das Ausgleichungsprogramm NEPTAN/GPS zur Analyse geodätischer Netze. Das Programm wird jedoch nicht mehr weiterentwickelt und der Support wurde ebenfalls eingestellt. Die Ausgleichungen müssen in Zukunft mit Hilfe von anderer Software durchgeführt werden. Es wird untersucht ob das quelloffene und kostenlose Programm Java Applied Geodesy 3D (JAG3D) als Alternative eingesetzt werden kann. Dabei ist nicht nur die Berechnung vergleichbarer Koordinaten entscheidend, sondern auch die Übertragung bereits vorhandener Arbeitsabläufe.

## Herangehensweise

Für den Vergleich beider Programme wurden vom GeoSN sieben Anwendungsfälle bereitgestellt: zwei Neupunktbestimmungen, vier Polygonzüge und eine Herablegung. In Abbildung 1 ist einer der Polygonzüge zu sehen.

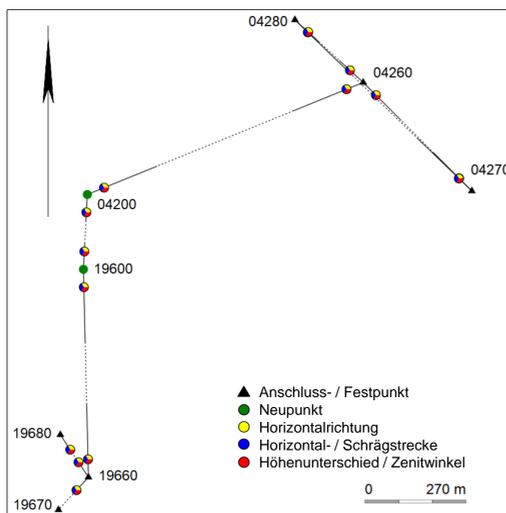


Abb. 1: Polygonzug A

Zunächst wurde jeder Anwendungsfall in NEPTAN/GPS nach einem vorgegebenen Arbeitsablauf ausgeglichen. Alle Ausgleichungen sind nur in 2D+H möglich. Zuerst erfolgt eine dynamische Ausgleichung. Nach dieser Ausgleichung werden Ausreißer im Beobachtungsmaterial eliminiert. Grundlage für die Detektion von Ausreißern ist die normierte Verbesserung (NV) und die a posteriori Standardabweichung  $s_0$ . Auf die dynamische Ausgleichung folgt eine hierarchische Ausgleichung mit Festpunkten. Dieser Schritt dient zur Überprüfung der verwendeten Anschluss- bzw. Festpunkte. Sie werden ebenfalls anhand der normierten Verbesserung und der a posteriori Standardabweichung geprüft. Anschließend sollten sich keine Fehler mehr im Datenmaterial befinden und die abschließende nachbarschaftstreu Ausgleichung wird durchgeführt. Zudem wird eine abstandsabhängige Gewichtung von  $1/s^2$  der Anschlusspunkte eingeführt. Ergebnis dieser Ausgleichung sind die gesuchten Koordinaten aller Punkte und die zugehörigen Restklaffen.

Aktiv	Signifikant	Standpunkt	Zielpunkt	v [gon]	ov [mgon]	r [%]	Tprio	Tpost	EP [mm]
✓	✓	4741004260	4741004280	100.2580	0.01	100.00	0.16	0.09	-0.0
✓	✓	4741004260	4741004280	100.2580	0.01	100.00	0.12	0.07	0.0
✓	✓	4741004260	4741004280	100.2580	0.01	100.00	0.11	0.06	0.0
✓	✓	4741004260	4741004280	100.2580	0.01	100.00	0.09	0.05	0.0
✓	✓	4741019660	4741019670	100.1026	0.01	100.00	16.75	9.96	-0.0
✓	✓	4741019660	4741019670	100.1026	0.01	100.00	14.67	8.65	-0.0
✓	✓	4741019660	4741019670	100.1026	0.01	100.00	8.03	4.60	-0.0
✓	✓	4741004260	4741004200	100.0949	0.57	95.51	11.58	6.74	3.9
✓	✓	4741004260	4741004200	100.0949	0.57	95.51	11.13	6.46	3.8

Abb. 2: Analyse von Beobachtungen in JAG3D

In JAG3D sind Ausgleichungen sowohl in 2D+H als auch in 3D möglich. Alle Anwendungsfälle werden in beiden Varianten ausgeglichen. Es wird versucht den Arbeitsablauf aus NEPTAN/GPS möglichst ähnlich umzusetzen. Die dynamische Ausgleichung ist in JAG3D genauso durchführbar wie in NEPTAN/GPS. Die hierarchische Ausgleichung kann ebenfalls vergleichbar berechnet werden. Die Analyse der Anschluss- bzw. Festpunkte ist jedoch nicht mit der normierten Verbesserung möglich. Eine nachbarschaftstreu Ausgleichung mit abstandsabhängiger Gewichtung ist in JAG3D nicht möglich. Stattdessen wird nochmals eine vergleichbare dynamische Ausgleichung durchgeführt. Restklaffen der neu berechneten Punkte können demnach nicht angegeben werden.

Tab. 1: Übersicht Arbeitsablauf NEPTAN/GPS und JAG3D

NEPTAN/GPS	JAG3D
Vorverarbeitung – Korrekturen – Umrechnung Messdaten 3D → 2D	Vorverarbeitung – Korrekturen – Umrechnung Messdaten 3D → 2D (2D+H)
dynamische Ausgleichung – Fehlersuche Messdaten (NV, $s_0$ )	dynamische Ausgleichung – Fehlersuche Messdaten (NV, $s_0$ )
hierarchische Ausgleichung – Fehlersuche Messdaten (NV, $s_0$ )	hierarchische Ausgleichung – Fehlersuche Messdaten ( $s_0$ )
nachbarschaftstreu Ausgleichung – Koordinaten + Restklaffen	dynamische Ausgleichung – Koordinaten

## Ergebnisse

Die durch NEPTAN/GPS berechneten Koordinaten dienen als Referenzkoordinaten. Die Differenzen der Koordinaten der Neupunktbestimmungen liegen überwiegend in einem Bereich von unter einem Millimeter. Dies gilt für die 2D+H- und 3D-Auswertung. Bei den ausgeglichenen Polygonzügen treten meist Differenzen von wenigen Millimetern auf. Die Differenzen der Höhenkoordinate sind bei der 2D+H-Ausgleichung deutlich höher als bei der 3D-Ausgleichung. Dagegen sind die Unterschiede der Lagekoordinaten bei der 3D-Ausgleichung höher als bei der 2D+H-Ausgleichung. Tabelle 2 verdeutlicht diese Erkenntnisse. Die Ergebnisse der anderen Polygonzüge bestätigen sie.

Tab. 2: Ergebnisdifferenzen Polygonzug A

		Differenz 2D+H [mm]	Differenz 3D [mm]
04200	Rechtswert	1,9	6,5
	Hochwert	-0,7	-3,4
	Höhe	-16,1	0,0
19600	Rechtswert	1,5	6,1
	Hochwert	-1,0	-1,5
	Höhe	-0,9	0,0

Bei der Herablegung ist die Auswertung in 2D+H nicht möglich. Es liegen keine Distanzmessungen zum Hochpunkt vor und deswegen wird in JAG3D keine Horizontalstrecke berechnet. Lediglich in der 3D-Ausgleichung werden die Koordinaten des Neupunktes berechnet. Sie liegen für Lage und Höhe im niedrigen Millimeterbereich.

Insgesamt werden über alle Anwendungsfälle Koordinaten von 18 (2D+H) bzw. 19 Neupunkten berechnet. Bezogen auf die Referenzkoordinaten ergeben sich Standardabweichungen von 1,6 mm in der Lage und 8,7 mm in der Höhe für die 2D+H-Ausgleichungen. Bei den 3D-Ausgleichungen beträgt die Standardabweichung 3,5 mm in der Lage und 0,7 mm in der Höhe. Um einzuschätzen ob die Genauigkeit ausreichend ist, werden die Ergebnisse mit der Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland (Rili-RB-AdV) verglichen. Diese schreibt für die Neubestimmung von Punkten innerhalb eines Grundlagentznetzes Abweichungen von unter 5 mm in der Lage und unter 8 mm in der Höhe vor.

Tab. 3: Vergleich Standardabweichungen zu Referenzkoordinaten

	2D+H [mm]	3D [mm]	Rili-RB-AdV [mm]
$\sigma_{Lage}$	1,6	3,5	≤ 5
$\sigma_{Höhe}$	8,7	0,7	≤ 8

## Zusammenfassung

Der Arbeitsablauf von NEPTAN/GPS ist in großen Teilen auf JAG3D übertragbar. Die Analyse von Fest- bzw. Anschlusspunkten mit Hilfe der normierten Verbesserungen ist jedoch nicht möglich. Zudem ist die nachbarschaftstreu Ausgleichung mit abstandsabhängiger Gewichtung nicht durchführbar. Folglich können keine Restklaffen berechnet werden.

Die Herablegung ist nur in 3D durchführbar. Zudem sind die in der Rili-RB-AdV vorgeschriebenen Standardabweichungen nur bei der 3D-Auswertung erreichbar. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen ist JAG3D als Alternative zu NEPTAN/GPS einsetzbar. Positiv hervorzuheben ist die Quelloffenheit und die kontinuierliche Weiterentwicklung von JAG3D.