

Effiziente Bestimmung von Passpunkten mit GNSS

Einleitung

Das Thema Sicherheit in Altbergbaugebieten wird auch nach der Schließung der letzten deutschen Steinkohlenbergwerke Ende 2018 eine wichtige Rolle spielen. Die Überwachung der Gebiete wird durch die RAG Aktiengesellschaft mittels eines Monitoringsystems durchgeführt, welches auf der

Messkampagne

Für die Genauigkeitsuntersuchung verschiedener Auswerteverfahren wurden im Rahmen der Masterarbeit 19 Passpunkte im Raum Essen beobachtet. Dabei fand eine simultane Positionsbestimmung mit RTK und zusätzliche Aufzeichnung von GNSS-Rohdaten statt. Aufgrund der fehlenden Sollkoordinaten für die Passpunkte wurden alle Beobachtungen als Doppelmessung mit jeweils 25 min Beobachtungsdauer durchgeführt. Für die Passpunktmessungen kam der JAVAD Triumph-LS zum Einsatz (Abb. 1).

Datenauswertung

Im ersten Schritt der Passpunktauswertung wurden die zwei 25-minütigen Beobachtungen der Doppelmessung auf jedem der 19 Passpunkte jeweils über die vier lokalen Referenzstationen ausgewertet (Abb. 3).

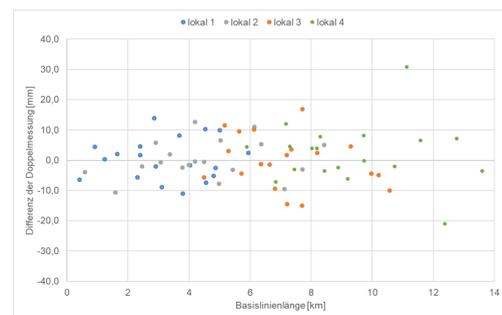


Abb. 3: Differenzen der Doppelmessungen der Höhen aller 19 Passpunkte jeweils berechnet über die vier lokalen Referenzstationen

Zwischen den Berechnungen eines Passpunktes über die vier lokalen Referenzstationen bestanden nur geringe Differenzen, sodass daraufhin aus den erhaltenen Passpunktkoordinaten eine gemittelte Koordinate für jeden der 19 Passpunkte berechnet wurde. Die Mittelwertbildung erfolgte über eine Gewichtung auf Basis des vorherrschenden Genauigkeitsniveaus der Messung in Abhängigkeit zur Basislinienlänge.

Ein weiteres Auswerteverfahren stellt die Berechnung von virtuellen Referenzstationen (VRS) dar. Auf Grundlage der Beobachtungsdaten der drei umliegenden SAPOS-Stationen konnte für jede Passpunktposition eine virtuelle Referenzstation berechnet und die Passpunktkoordinate anschlie-

Aero-Photogrammetrie und dem Airborne-Laserscanning beruht. Die Georeferenzierung und Verknüpfung der Bildflugstreifen erfolgt über am Boden signalisierte Passpunkte. An die Bestimmung dieser Passpunkte mit GNSS ist eine Genauigkeitsforderung von 1 cm für die Lage und



Abb. 1: Messaufbau für Passpunktmessung

ßend über die Berechnung einer einzelnen kurzen Basislinie zu dieser VRS bestimmt werden.

Die beiden untersuchten Auswerteverfahren der Passpunktbestimmung erzeugten ähnliche Passpunktkoordinaten. Die Differenzen der Koordinatenpaare aus den beiden Verfahren betragen für alle Passpunkte nur wenige Millimeter mit einem Maximalwert von 7 mm.

Die Genauigkeitsabschätzung der Passpunktbestimmungen im Rahmen dieser Arbeit erfolgte über die Berechnung der Standardabweichungen aus Beobachtungsdifferenzen (Tab. 1).

Tab. 1: Standardabweichungen der Beobachtungsdifferenzen aller 19 Passpunkte aus 25-minütigen Doppelmessungen von verschiedenen Auswerteverfahren (durchschnittliche Basislinienlänge [km] in Klammern)

Referenzstation	Standardabweichung [mm]		
	UTM-Ost	UTM-Nord	ell. Höhe
lokal 1 (3,2)	1,4	2,6	4,8
lokal 2 (4,5)	1,4	2,7	4,4
lokal 3 (7,2)	3,0	3,1	6,0
lokal 4 (9,3)	2,0	3,6	7,2
gemittelte Koord.	1,3	2,6	4,4
VRS	1,7	2,7	4,4

Das Ziel dieser Arbeit war, neben der Überprüfung geeigneter Auswertestrategien für das Erreichen der geforderten Genauigkeit, auch die Bestimmung einer effizienten Vorgehensweise. Die Effizienz betrifft dabei den zeitlichen Messaufwand, um die Passpunkte mit einer ausreichenden Genauigkeit aufnehmen zu können. Aus diesem Grund wurde die Beobachtungsdauer der

1,5 cm für die Höhe gestellt (1σ). Ziel dieser Masterarbeit war die Entwicklung und der Test geeigneter Veränderungen im Mess- und Auswertekonzept, zur effizienten Bestimmung der Passpunkte mit GNSS unter Beachtung des geforderten Genauigkeitsniveaus.

Dazu wurde das bestehende SAPOS-Referenzstationsnetz durch vier lokale nahegelegene Referenzstationen verdichtet (Abb. 2).



Abb. 2: Aufbau einer lokalen Referenzstation

Passpunkte schrittweise reduziert und der Einfluss auf die Genauigkeit untersucht (Abb. 4).

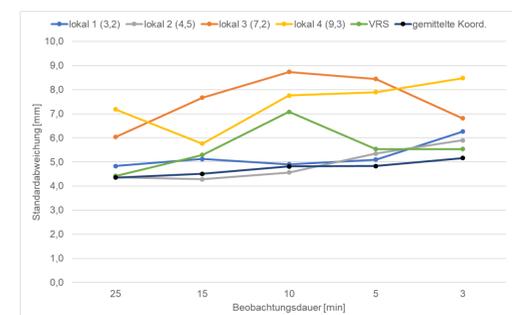


Abb. 4: Standardabweichungen der Beobachtungsdifferenzen der Höhen aller 19 Passpunkte berechnet über verschiedene Auswerteverfahren mit unterschiedlichen Beobachtungsdauern ($\bar{\varnothing}$ Basislinienlänge [km] in Klammern)

Fazit

Es zeigte sich, dass die geforderte Genauigkeit der Passpunkte sowohl mittels Berechnungen über lokale Referenzstationen als auch über die Berechnung von VRS im SAPOS-Netz erreicht werden kann. Ist eine schnelle und zuverlässige Festsetzung der Phasenmehrdeutigkeiten aufgrund einer entsprechend guten Datenqualität möglich, können die Genauigkeiten bereits nach wenigen Minuten Beobachtungsdauer erreicht werden. Auch die Positionsbestimmungen mit RTK im SAPOS-HEPS Dienst und unter Nutzung des Korrekturdatenstroms einer lokalen Referenzstation erfüllten mit dem eingesetzten Empfänger JAVAD Triumph-LS die Genauigkeitsforderungen an die Passpunkte.