

# Mehrwegeanalyse mit der 3-Frequenz-Linearkombination von GNSS-Phasenbeobachtungen

## Motivation

Mehrere globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) senden derzeit Signale auf mindestens drei Frequenzen aus. Damit ist es möglich eine Linearkombination mit Beobachtungen von drei Frequenzen zu bilden, welche dafür verwendet werden kann, die Einflüsse der Mehrwegesignale zu detektieren. Diese stellen im Rahmen einer GNSS-Messung einen kleinen Teil der Messabweichungen dar, jedoch sind diese stationspezifisch und nicht vollständig eliminierbar.

Derzeit werden Phasenmehrwege innerhalb eines Stationsnetzes detektiert. Dies setzt voraus, dass weitere Stationen in der Nähe sind. Bei der Detektion der Mehrwegeeffekte mit der 3-Frequenz-Linearkombination (3FLK) sind nur die Daten einer Station notwendig.

Das Ziel der Arbeit ist die Untersuchung der 3FLK im Hinblick auf Phasenmehrwegeeffekte. Dazu werden zum einen gezielt mehrwegebeeinflusste Messungen durchgeführt und zum anderen frei zugängliche Daten aus einem Referenzstationsnetz für die Auswertung verwendet, um die Mehrwegedetektion im Stationsnetz mit der 3FLK zu vergleichen.

## Mehrwegebeeinflusste Messungen

Die Messungen wurden auf dem Bürogebäude Zellescher Weg (BZW) in Dresden durchgeführt. Zu Beginn wurde eine 24-stündige Referenzmessung durchgeführt und im Anschluss wurden die Messungen mit einem Reflektor, bestehend aus zwei Metallplatten (Gesamtgröße 2 m<sup>2</sup>), möglichst gezielt beeinflusst (Abb. 1). Es wurden verschiedene Positionen des Reflektors getestet und jeweils etwa fünf Tage gemessen. Nur bei der Verwendung eines senkrechten Reflektors (Abb. 1) konnten Mehrwegeeffekte detektiert werden. Dies kann auf die Reflektorgröße und die Richtcharakteristik der Antenne zurückzuführen sein.



Abb. 1: Messungsaufbau auf dem BZW

Die Referenzmessung wurde mit den Messungen mit Reflektor verglichen. Dafür wurde das quadratische Mittel (RMS) der 3FLK-Werte im Raster von 10° Azimut und 2° Elevation bestimmt (Abb. 2). Der Einfluss des Reflektors ist im Süden erkennbar (Abb. 2, rechts), da das direkte Signal von südlich stehenden Satelliten am Reflektor im Norden reflektiert wird. In höheren Elevationen ist erwartungsgemäß das Absinken der Werte sichtbar.

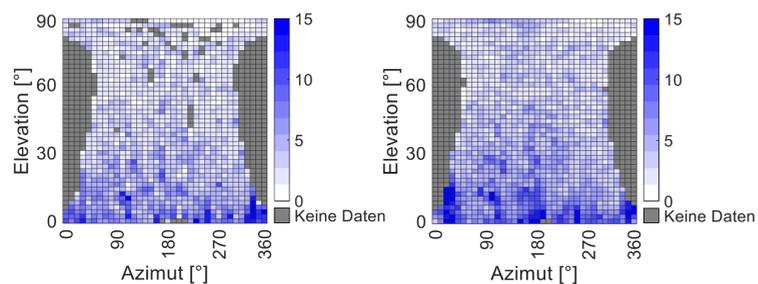


Abb. 2: RMS-Raster der 3FLK für die Referenzmessung (links) und die Messung mit senkrechtem Reflektor (rechts)

## Daten aus dem Referenzstationsnetz

Zusätzlich wurden die Daten von GNSS-Referenzstationen in Thüringen ausgewertet (Abb. 3, links). Diese sind frei zugänglich und werden vom Thüringer Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (TLBG) bereitgestellt (z.B. Station in Erfurt, rechts in Abb. 3). Für die Auswertung mit der Software WaPNet, die die Phasenmehrwege innerhalb eines Stationsnetzes detektiert und lokalisiert, wurde ein Netz aus fünf Stationen mit maximalem Stationsabstand von 75 km ausgewählt (rot in Abb. 3). Dieselben wurden mit der 3FLK und dem RMS-Raster untersucht und anschließend mit den WaPNet-Ergebnissen der verglichen.

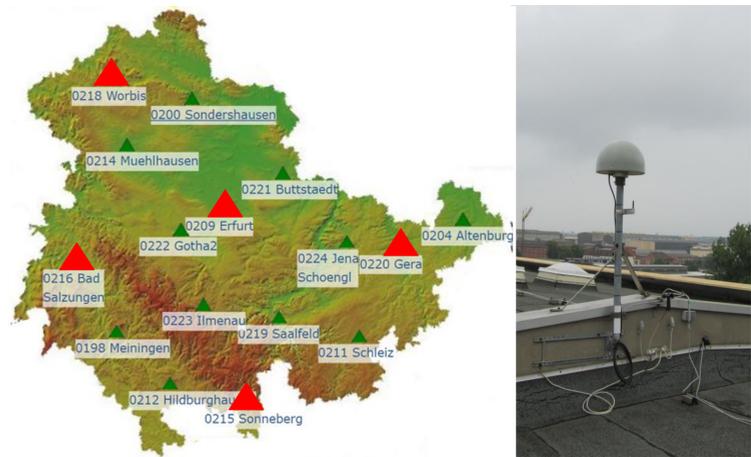


Abb. 3: Referenzstationsnetz Thüringen (links), Bild von [https://sapos.thueringen.de/rinex\\_raw.php](https://sapos.thueringen.de/rinex_raw.php) und Referenzstation in Erfurt (rechts), Bild von C. Trautvetter, TLBG

Die Analyse der Station Erfurt mit der Berechnung der 3FLK kam zum Ergebnis, dass dort starke Phasenmehrwegeeffekte zu verzeichnen sind (Abb. 4, links). Das Ergebnis der Software WaPNet für die Station in Erfurt ist rechts in Abb. 4 zu sehen und zeigt, dass auch mit dieser Variante starke Phasenmehrwegeeffekte detektiert wurden. Da die Antenne auf einem Flachdach positioniert ist, können sowohl die Materialien der Stationsumgebung als auch die Geometrie der Anordnung Ursachen sein.

Die Gegenüberstellung beider Varianten der Detektion der Phasenmehrwegeeffekte zeigt, dass dieselben Einflussgebiete lokalisiert wurden. Ebenfalls war ab 30° Elevation ein sinkender Einfluss der Mehrwegesignale zu verzeichnen, genauso wie bei der Auswertung der mehrwegebeeinflussten Messungen (Abb. 2).

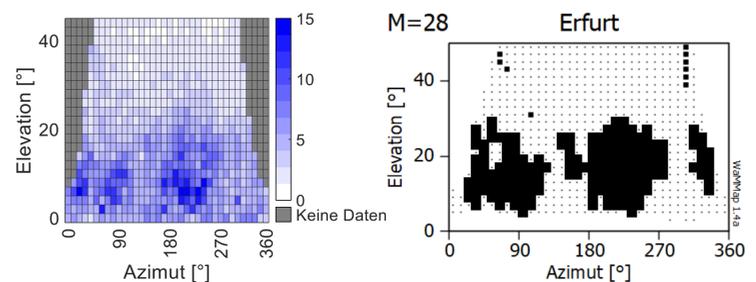


Abb. 4: RMS-Raster der 3FLK (links) und WaPNet-Darstellung (rechts) für die Station Erfurt

## Fazit

Sowohl die mehrwegebeeinflussten Messungen als auch die Validierung mit der Software WaPNet zeigen, dass die Detektion von Mehrwegeeffekten mit der Berechnung einer 3FLK möglich ist. Für die Visualisierung eignen sich RMS-Raster in Abhängigkeit von Azimut und Elevation. Da nur die Daten einer Station benötigt werden, ist diese Berechnungsvariante besonders für abgelegene Stationen vorteilhaft.