

Untersuchungen zur Detektierung und Lokalisierung von Phasenmehrwegeinflüssen auf GNSS-Referenzstationen

Motivation

Mehrwegeausbreitung (Multipath) als Folge der Reflexion der Satellitensignale an Objekten in der Empfangsantennenumgebung gehört zu den dominanten Fehlerquellen bei GNSS (Global Navigation Satellite System)-Messungen. Mehrwegeeffekte stehen in engem Zusammenhang mit der Geometrie Satellit-Reflektor-Antenne. Bei einer statischen Messung sind die Satelliten die einzigen beweglichen Komponenten. Mehrwegeinflüsse können folglich als Funktion von Azimut und Elevation der Signale betrachtet werden. Ziel war es, ein Verfahren zur Detektierung und Lokalisierung auf der Basis von PPP (Precise Point Positioning)-Residuen zu entwickeln.



Abb. 1: Stationen des Referenzstationsnetzes des US-Bundesstaates Minnesota (links: EYTA (Blick nach Ost), Mitte: MANO (nach Nord), rechts: WSCA (nach Süd))

Mehrwegedetektierung und -lokalisierung

In der bisherigen Form wird zur Detektierung und Lokalisierung auf Doppel-Differenz-Residuen aus Referenzstationsnetzen mit mindestens drei Stationen zurückgegriffen (WaSoft/Multipath, Abk.: WaSoft). Aufgrund von Stationsabständen größer wenige 10er-Kilometer muss die ionosphären-freie Linearkombination L_0 verwendet werden. Durch die Basislinienauswertung gestaltet sich die Zuordnung zu einer Station und einem Satelliten jedoch schwierig.

Weniger aufwändig arbeitet die Software zur Analyse von PPP-Residuen (TripleP/Multipath, Abk.: TripleP). Bei den Residuen handelt es sich um die Verbesserungen des Ausgleichsmodells, welches am Geodätischen Institut zur präzisen Einzelpunktbestimmung eingesetzt wird. Sie sind stations- und zugleich satellitenbezogen. Wegen der Zweifrequenz-Korrektur handelt es sich ebenfalls um L_0 -Residuen. Allerdings weisen sie einen langperiodischen Trend und kurz-

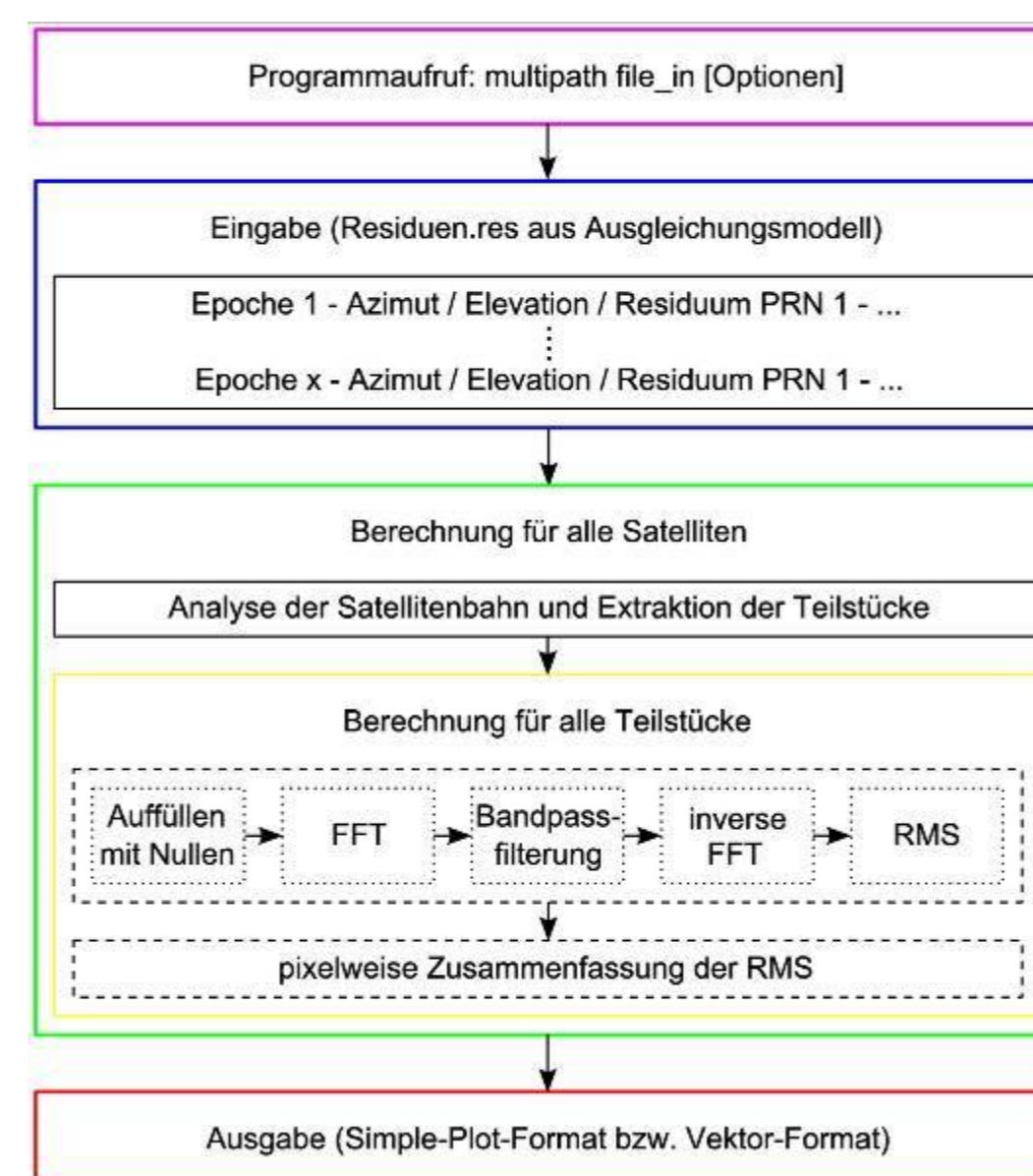


Abb. 2: Berechnungsablauf von TripleP/Multipath

periodische Anteile auf. Beide müssen aus den Zeitreihen entfernt werden. Zudem enthalten sie troposphärische Restfehler.

Kern der Berechnung mit TripleP sind zwei ineinander verschachtelte Schleifen (Abb. 2). Einerseits für alle PRN-Nummern und andererseits für die Teilstücke der beobachteten Satellitenbögen. Mehrere Teilstücke werden extrahiert, wenn der Abstand aufeinanderfolgender Epochen eine vorgegebene Grenze überschreitet. Jedes Teilstück wird zwecks Bandpassfilterung in den Frequenzbereich transformiert. Anschließend werden für Datenblöcke von 20 Minuten Standardabweichungen gebildet, welche abschließend pixelweise (Auflösung: 10° (Azimut) \times 2° (Elevation)) zusammengefasst werden. Bei der Ausgabe wird mit einer elevationsabhängigen quadratischen Funktion gearbeitet. Zusätzlich gibt ein Index die Mehrwegebeeinflussung als Zahlenwert wieder.

Ergebnisse

Die Beobachtungsdaten von 87 Stationen des Referenzstationsnetzes des US-Bundesstaates Minnesota Mn/CORS (Continuously Operating Reference Stations) (vergl. Abb. 1) des Jahres 2008 wurden mit beiden Programmen prozessiert. Die Tagesergebnisse der Monatsersten wurden zu einem Jahresergebnis zusammengefasst, welches nur die mehrheitlich auftretenden Effekte darstellt. Gleiches gilt für die Mehrwege-Indizes.

Abb. 3 zeigt das Jahresergebnis der Station EYTA, deren Antenne sich auf einem Betonpfeiler in freier Umgebung befindet. Trotz nicht erkennbarer Reflektoren verweist WaSoft auf Mehrwegeinflüsse aus nördlicher Richtung. Das Ergebnis von TripleP demonstriert die deutlich vorhandenen troposphärischen Restfehler, vor allem in unteren Elevationen.

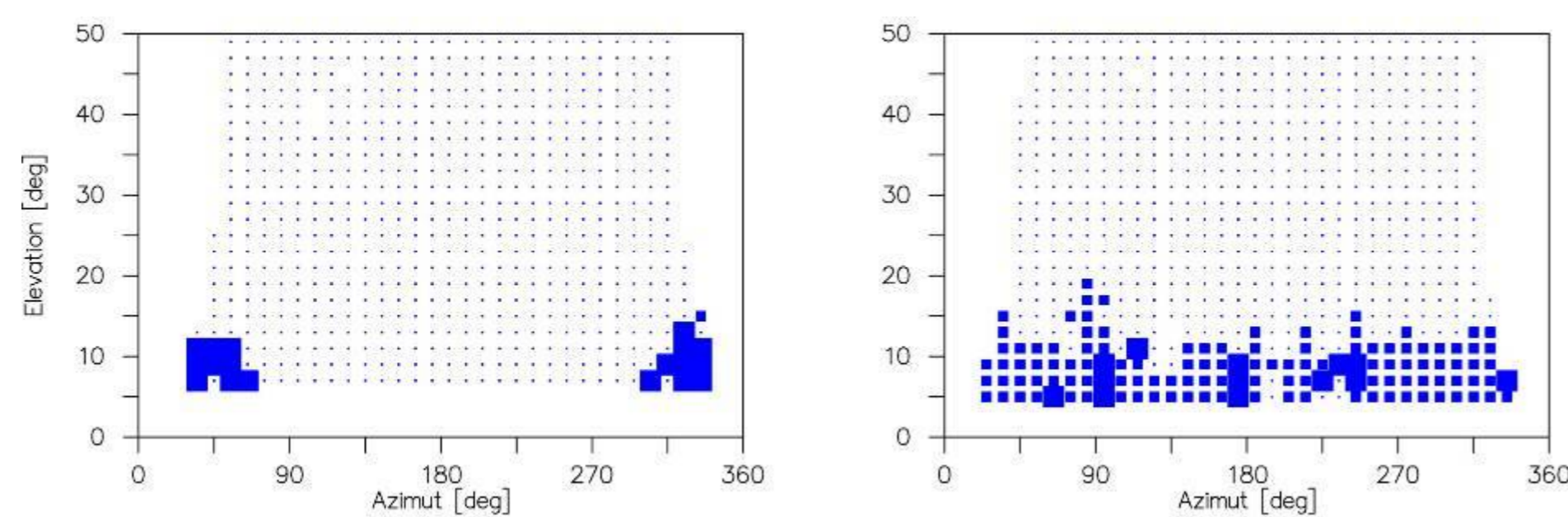


Abb. 3: Jahresergebnis der Station EYTA (links: WaSoft, rechts: TripleP)

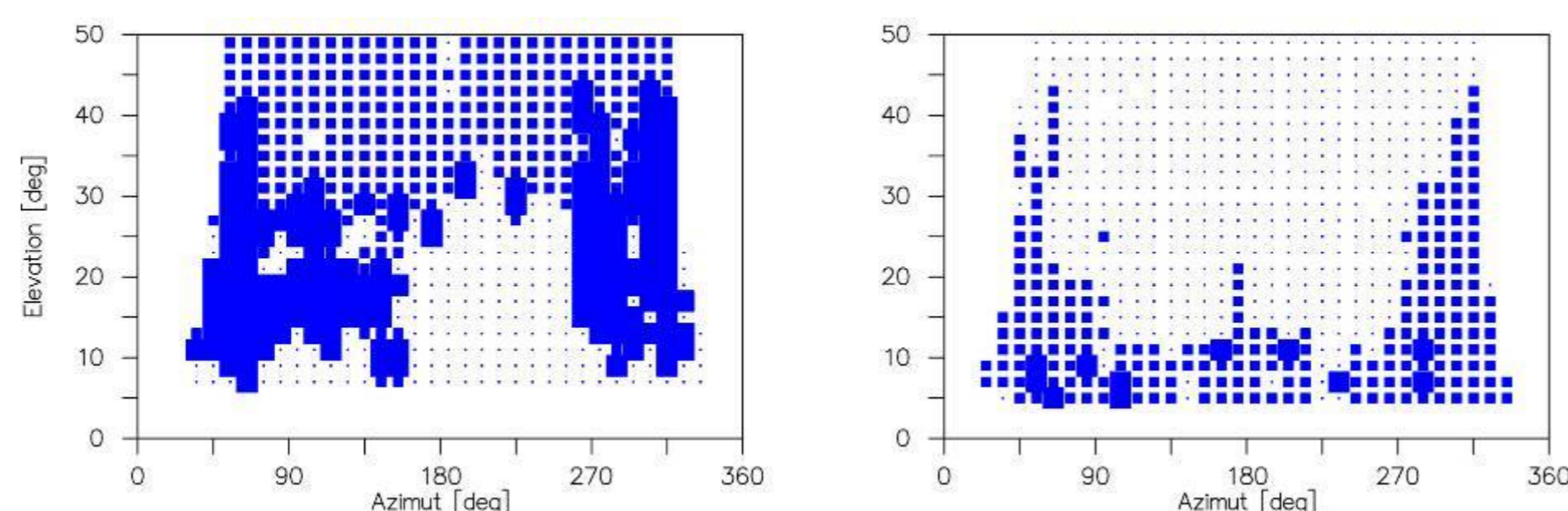


Abb. 4: Jahresergebnis der Station WSCA (links: WaSoft, rechts: TripleP)

Abb. 4 stellt das Jahresergebnis der Station WSCA dar. Die Antenne ist an der Südkante eines Flachdaches montiert, welches einerseits mit seiner Ost-West-Ausrichtung als Hauptreflektor identifiziert wurde. Andererseits gibt es gegensätzliche Ergebnisse für Signale aus südlicher Richtung, wobei diese von TripleP vermutlich wiederum auf troposphärische Restfehler zurückzuführen sind.

Die Mehrwege-Indizes beider Verfahren vergleicht Abb. 5. Gleichzeitig wird hinsichtlich des Stationsunterbaus unterschieden. Auf Betonpfeiler montierte Antennen sind i.A. schwach beeinflusst, während Stationen auf oder an Hausdächern mehrheitlich einer mittleren Beeinflussung unterliegen. Stationen mit Indizes zwischen 15 und 22 ordnen beide Methoden gleich ein.

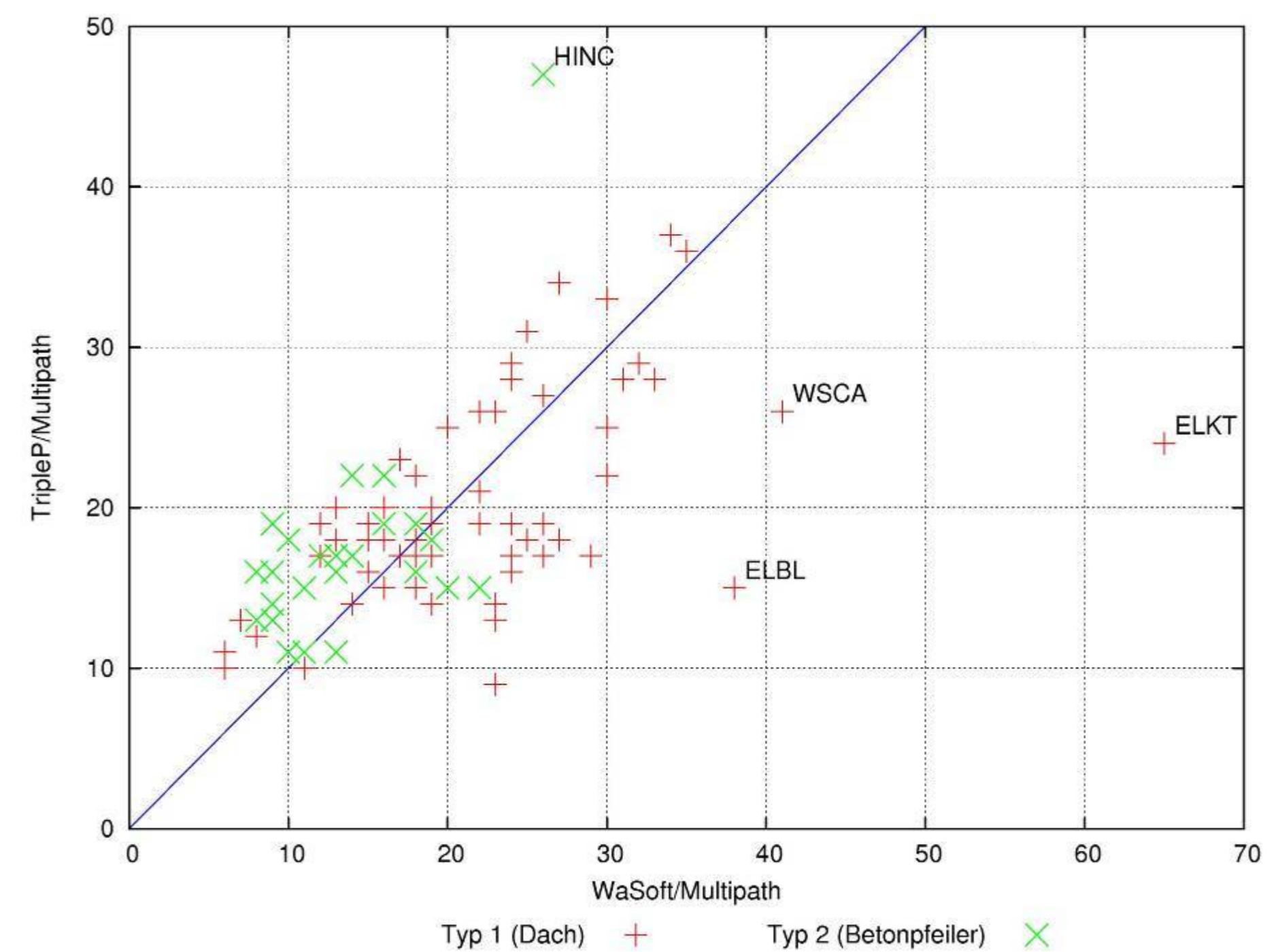


Abb. 5: Gegenüberstellung der Mehrwege-Indizes

Zusammenfassung

Mehrwegeeffekte sind bei GNSS-Messungen von besonderer Bedeutung. Schutzmaßnahmen (große Grundplatten und Choke-Ring-Elemente) helfen nur bedingt. Umso wichtiger ist neben der Kalibrierung die Detektierung und Lokalisierung. Mit WaSoft/Multipath und TripleP/Multipath wurden zwei

unterschiedliche Verfahren getestet. Der Vorteil der einen ist der Nachteil der anderen Methode. Die Jahres-Mehrwege-Indizes von 2008 zeigen eine Abhängigkeit vom verwendeten Algorithmus. Die vier Ausreißer (vergl. Abb. 5) weisen eventuell auf Unzulänglichkeiten in den Berechnungen hin.