

WEITERENTWICKLUNG HOCHGENAUER LOKALER GNSS-FESTPUNKTBESTIMMUNG

Motivation

Die Deutsche Bahn (DB) Netz AG pflegt ein bundesweites Festpunktfeld. Die höchste Stufe der örtlichen Realisierung stellen dabei Festpunkte mit dem Punktstatus 0 (PS0-Punkte) dar. Diese sollen eine absolute 3D-Standardabweichung von maximal 10 mm aufweisen. Die Neubestimmung der PS0-Punkte erfolgt per statisch differentiellen GNSS-Beobachtungen. Dazu hat die DB Richtlinien aufgestellt, die es einzuhalten gilt.

Ziel der Arbeit ist es, herauszufinden, ob die Modifikation einiger der in den Richtlinien festgehaltenen Regeln zu einer Steigerung der Genauigkeit der Punktbestimmung oder zu einer höheren Effizienz der Messungen führen kann. Dabei werden die in Abb. 1 dargestellten Aspekte untersucht.

So wird geprüft, ob die Verwendung einer Antenne mit geringerem Grundplattendurchmesser als in der Richtlinie gefordert ist, dadurch auch zu qualitativ schlechteren Ergebnissen führt. Weiterhin wird der Effekt der zusätzlichen Verwendung von Galileo-Signalen neben den von der DB geforderten GPS- und GLONASS-Signalen auf die Ergebnisse und deren Genauigkeit untersucht.

Entsprechend der Richtlinien wird eine simultane Beobachtungszeit von mindestens 30 min je Messepoche gefordert. Testhalber wird diese auf lediglich 20 min reduziert und geprüft, ob dies zu einer verringerten Genauigkeit in der Punktbestimmung führt.

Standardmäßig erfolgen Auswertungen, die für die DB getätigt werden mit NXO-Net, einem Service von Geo++. Dieser bietet jedoch nicht die Möglichkeit, Galileo-Signale auszuwerten oder Beobachtungszeit zu reduzieren. Daher werden die Daten ebenfalls mit dem unabhängigen Programm Wa2 ausgewertet und wo möglich mit den Ergebnissen von NXO-Net verglichen.

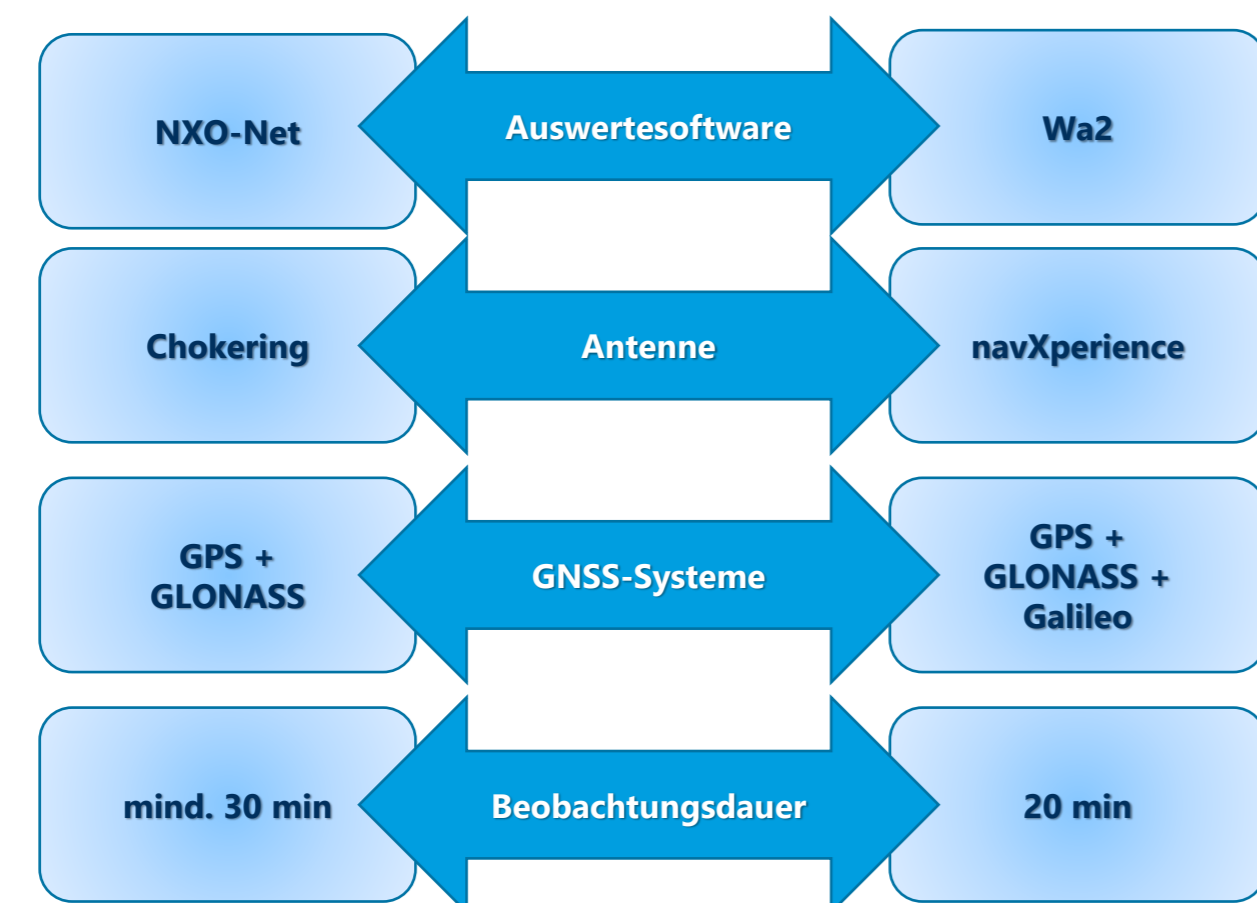


Abb. 1: Übersicht Mess- und Auswerteverfahren

Datengrundlage

Um beurteilen zu können, ob die verschiedenen Mess- und Auswertemethoden auch zu unterschiedlichen Ergebnissen und Genauigkeiten führen, muss eine ausreichend große Stichprobenmenge an Punktbestimmungen vorliegen. Dazu wurden in sechs verschiedenen Netzen innerhalb des bahninternen Festpunktfeldes 15 PS0-Punkte entsprechend der Richtlinien neu bestimmt. Die Messungen wurden je einmal mit den richtlinienkonformen Chokering-Antennen der Firma Leica durchgeführt und einmal mit den 3G+C-Antennen von navXperience (Abb. 2).



Abb. 2: Vergleich der Antennen (links: Leica AT504 GG mit Chokeringen, rechts navXperience 3G+C)

Auswertung

Die Messdaten beider Antennen wurden jeweils mit der Verwendung von GPS und GLONASS und vollständiger Beobachtungsdauer mit NXO-Net und Wa2 ausgewertet. Zusätzlich erfolgte mit Wa2 die Berechnung der Neupunkte inklusive der Galileo-Signale und mit auf 20 min reduzierter Beobachtungsdauer. Die Anforderungen der DB an die zu erreichende Genauigkeit wurden dabei stets eingehalten mit Ausnahme zweier Punktbestimmungen mit reduzierter Messdauer und navXperience-Antennen.

Die Ergebnisse der unterschiedlichen Bestimmungsmethoden wurden im Folgendem hinsichtlich verschiedener Koordinaten und Genauigkeiten anhand von Hypothesentests untersucht.

Der t-Test soll eventuelle Koordinatenunterschiede aufdecken, der F-Test verschiedene Genauigkeiten. Beiden Tests müssen normalverteilte Daten zu Grunde liegen. Daher wurde dies zunächst mit Hilfe des Kolmogorv-Smirnov-Tests überprüft.

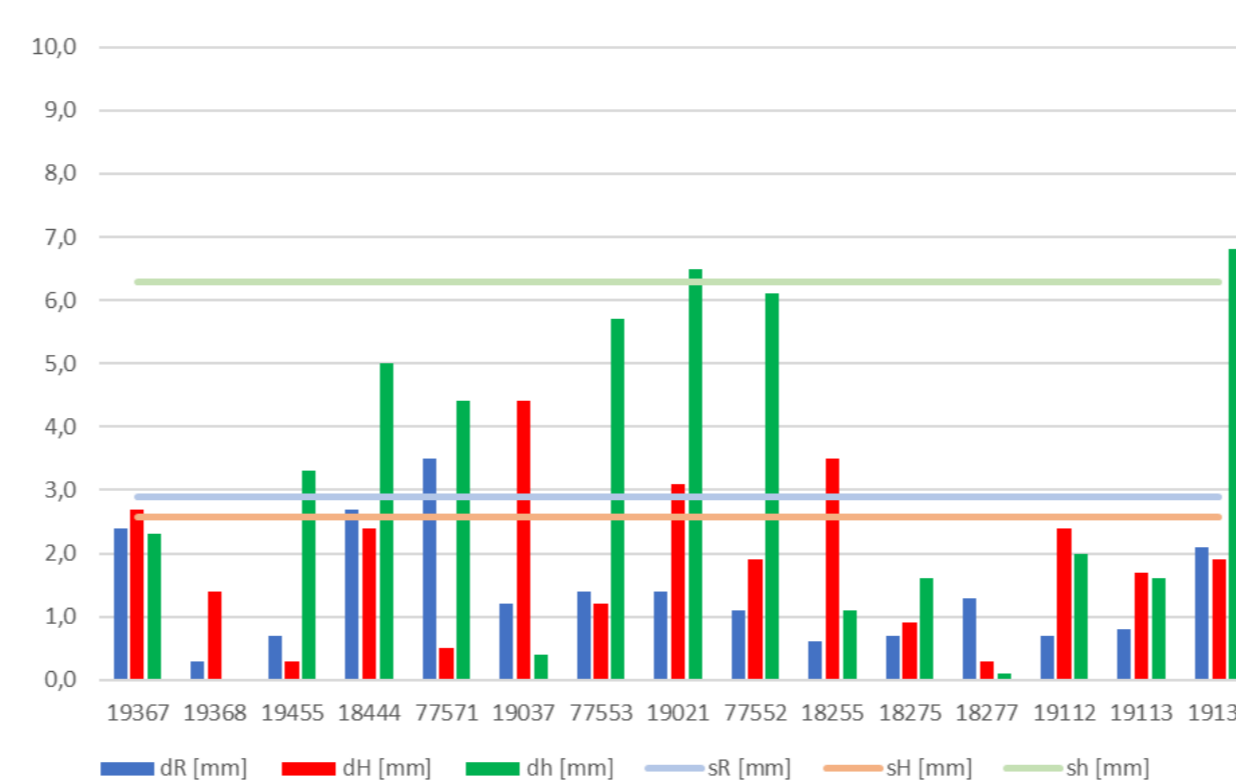


Abb. 3: Differenzen der Ergebnisse von Chokering- und navXperience-Antennen mit Wa2 und deren durchschnittliche Standardabweichung

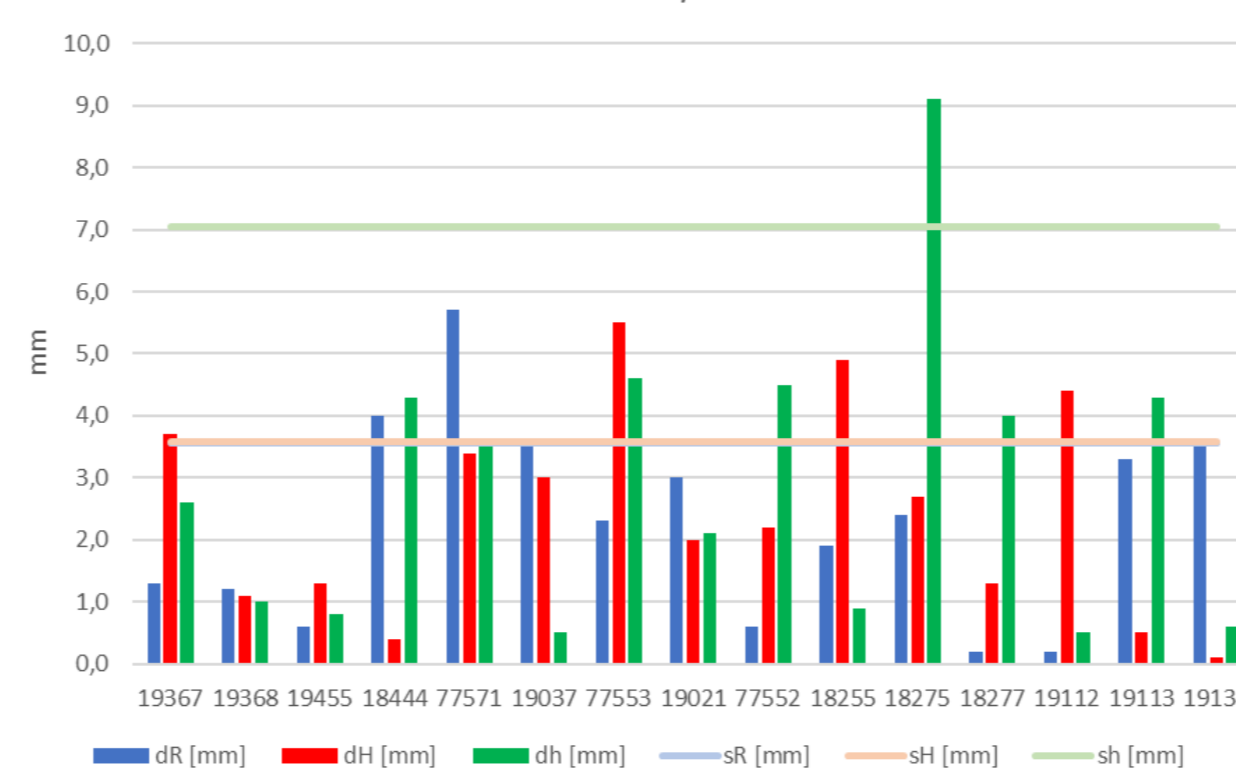


Abb. 4: Differenzen der Ergebnisse von Chokering- und navXperience-Antennen mit NXO-Net und deren durchschnittliche Standardabweichung

Ergebnisse

Die Ergebnisse aller in Abb. 1 dargestellten Vergleiche sind in Tab. 1 zusammengefasst. Die Untersuchungen ergeben, dass die geprüften Aspekte nur in wenigen Ausnahmefällen zu signifikant veränderten Positionslösungen führen. Diese Ausnahmen sind auf eine ungünstige Netzgeometrie und eine geringe Anzahl an Basislinien zurückzuführen.

So zeigen Abb. 3 und 4 exemplarisch die Differenzen der von mit Chokering- und navXperience-Antennen bestimmten Koordinaten und die durchschnittliche Standardabweichung dieser Differenzen je Koordinatenkomponente.

Die verglichenen Softwareprodukte geben leicht unterschiedliche Koordinatengenauigkeiten an. Jedoch sind die Schätzungen beider Programme realistisch und beide Male sind die Anforderungen an die Genauigkeit erfüllt.

Tab. 1: Ergebnisübersicht

	Koordinatenangaben	Genauigkeitsangaben
Auswertesoftware	keine Unterschiede	von NXO-Net pessimistischer abgeschätzt
Antenne	bis auf Ausnahmen keine Unterschiede	keine Unterschiede
GNSS-Systeme	keine Unterschiede	keine Unterschiede
Beobachtungsdauer	bis auf Ausnahmen keine Unterschiede	keine Unterschiede

Fazit

Die hohen Anforderungen der DB an das zu verwendende Equipment sollen in erster Linie potentiellen Fehlereinflüssen vorbeugen und so eine hohe Qualität der Messdaten gewährleisten. Doch die Testmessungen im Rahmen dieser Arbeit zeigen, dass hochwertige moderne Antennen, die nicht alle Richtlinien erfüllen, in der Lage sind ebenso hochwertige Daten zu liefern.

Beide zur Auswertung verwendeten Softwareprodukte liefern gleich gute Ergebnisse, wenn auch leichte Unterschiede in der angegebenen Genauigkeit feststellbar sind. Wa2 ermöglicht im Gegensatz zu NXO-Net die Integration von Galileo-Signalen in die Auswertung. Bei den vorliegenden Testdaten haben diese zusätzlichen Signale keinen Einfluss auf die Ergebnisse. Dies könnte jedoch auch den relativ alten Empfängern und Chokering-Antennen geschuldet sein, die die Galileo-Signale teilweise nicht zuverlässig aufzeichneten.

Eine Reduzierung der Beobachtungsdauer würde zu einer höheren Tagesleistung eines Messtrupps führen, dies darf jedoch nicht auf Kosten der Genauigkeit geschehen. Bei einer ungünstigen Netzkonfiguration kann dies zu signifikanten Unterschieden in den Ergebnissen führen. Eine Genauigkeitsänderung ist zwar nicht nachweisbar, jedoch ist die geforderte Standardabweichung von 10 mm bei reduzierter Beobachtungsdauer nicht immer erreicht worden.