

Entwicklung der PPP-GNSS-Komponente sowie einer GNSS/MEMS Sensorfusionssoftware für das Structural Health Monitoring (SHM) im allgemeinen Leverarmdesign

Projektzuordnung und Aufgabenstellung:

Die Bachelorthesis wurde im Rahmen eines Projekts zur Durchführung von Structural Health Monitoring (SHM) an schwingenden Objekten wie dem TK Elevator Testturm in Rottweil und dem Fernsehturm Stuttgart durchgeführt. Der erste Teil der Arbeit befasst sich mit der Analyse der absoluten Genauigkeit von statischen und kinematischen PPP-Echtzeitmessungen im Vergleich zu DGNSS-Messungen. Mittels praktischer Tests wurde die Eignung der PPP-Technologie zur präzisen und zuverlässigen Erfassung von Strukturschwingungen bewertet.

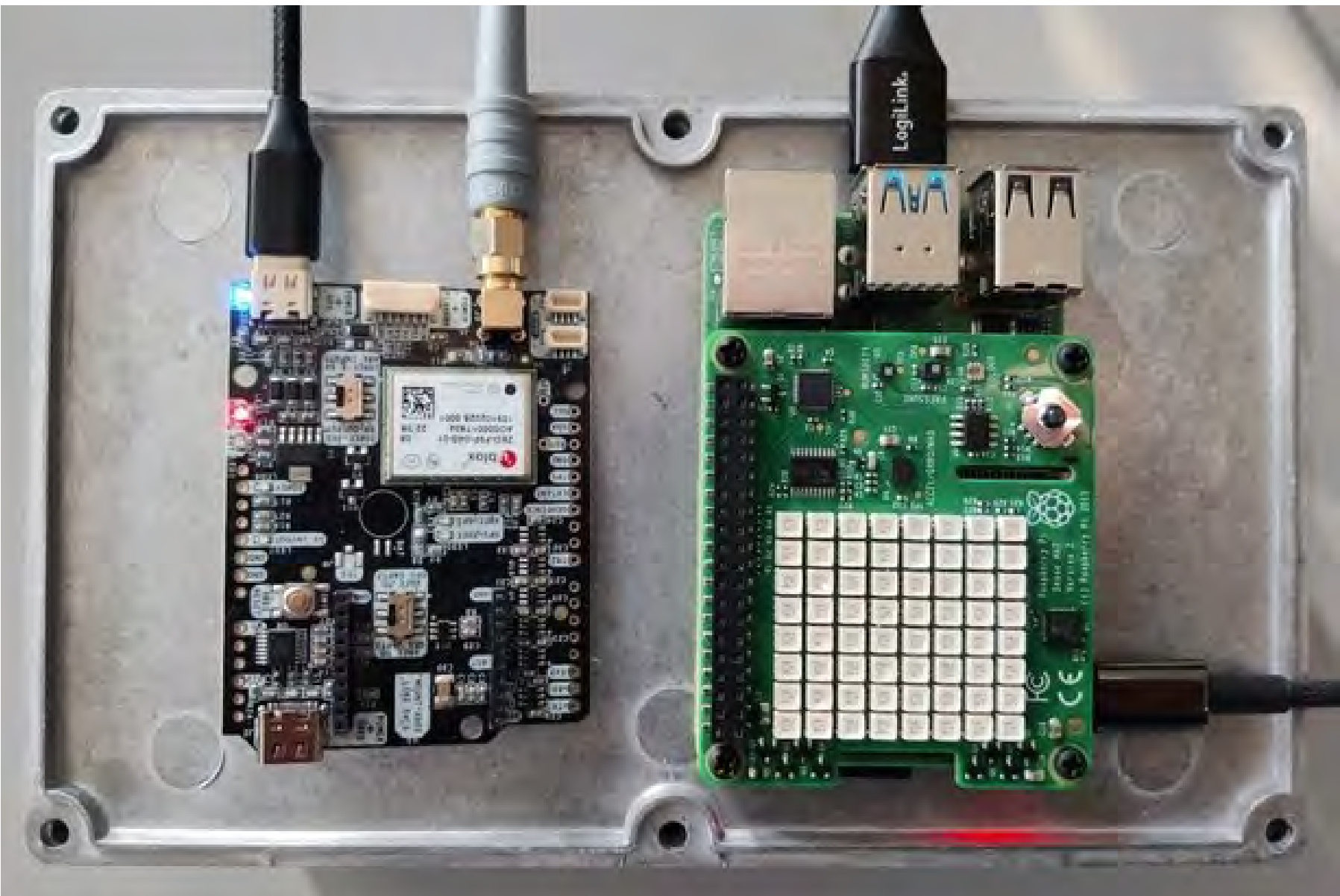


Abb. 1: Verkabelte Hardware der neuen GNSS/MEMS Sensorbox

Der zweite Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Entwicklung einer Sensorfusionssoftware, welche die GNSS- und IMU-Messdaten der in Abbildung 1 dargestellten Sensorbox fusioniert, um unter konsequenter Berücksichtigung der Leverarme eine hochfrequente Zustandserfassung und präzise Überwachung von Bauwerken zu ermöglichen.

Tests der PPP-Komponente:

Der Vergleich zwischen statischem und kinematischem PPP unter Verwendung der Open-Source-Software RTKLIB und SSR-Korrekturen vom Real-Time Service des IGS zeigt, dass kinematisches PPP signifikant größere Schwankungen aufweist als statisches PPP. Diese höheren Schwankungen sind primär den verwendeten Algorithmen für die Messauswertung geschuldet. Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, wurde trotz der erhöhten Schwankungen und der reduzierten Genauigkeit nachgewiesen, dass kinematisches PPP mit der RTKLIB grundsätzlich zur Erfassung SHM-relevanter Schwingungen geeignet ist. Im Vergleich zu kommerziellen Diensten wie PointPerfect von u-blox oder DGNSS mit SAPOS weisen die Ergebnisse jedoch wesentlich größere Ungenauigkeiten auf.

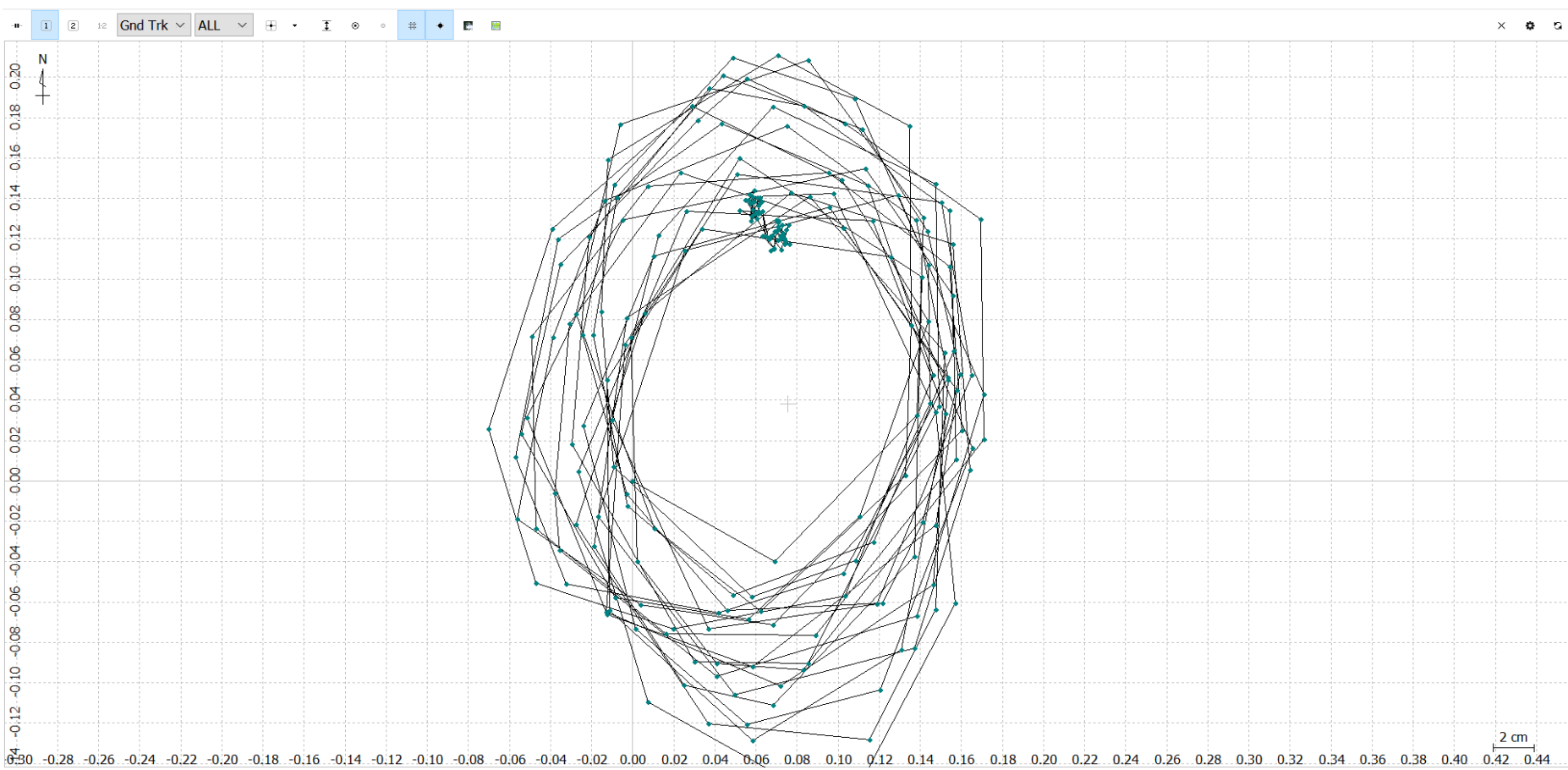


Abb. 2: Ground Track bei der kinematischen PPP-Auswertung

Softwareentwicklungen:

Ziel der Softwareentwicklung war es, den vollständigen Zustandsvektor $y(t)$ mit 18 oder 19 Parametern bei einer Frequenz von etwa 400 Hertz zu berechnen und auszugeben.

$$y(t) = [x^e \ y^e \ z^e, \dot{x}^e \ \dot{y}^e \ \dot{z}^e, r^e \ p^e \ y^e, \ddot{x}^e \ \ddot{y}^e \ \ddot{z}^e, \omega_{eb,x}^b \ \omega_{eb,y}^b \ \omega_{eb,z}^b, \dot{\omega}_{eb,x}^b \ \dot{\omega}_{eb,y}^b \ \dot{\omega}_{eb,z}^b]^T$$

Diese detaillierte Zustandsbestimmung ermöglicht es, die Struktur der Bauwerke mithilfe von FEM-Modellen umfassend zu analysieren.

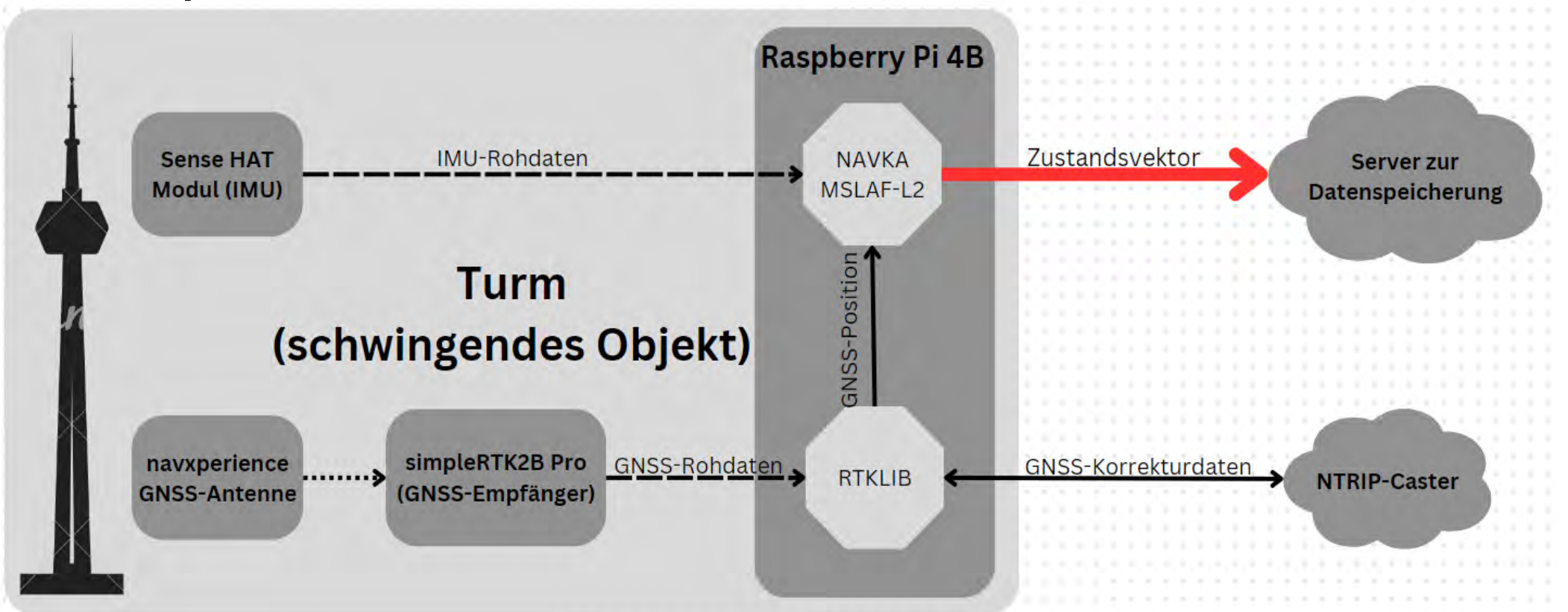


Abb. 3: Schematischer Ablauf der Datenauswertungen auf dem Turm

Zu diesem Zweck wurde die neue Software MSLAF-L2 auf Basis einer bereits existierenden Sensorfusionssoftware entwickelt. Die Zustandsberechnung erfolgt im e-frame und wird unter Berücksichtigung der Sensor- und Plattformleverarme mittels eines erweiterten Kalman-Filters durchgeführt, welcher auf der L2-Norm basiert.

Ergebnisse und Fazit:

Die durchgeführten Tests belegen, dass PPP grundsätzlich für das SHM geeignet ist und als Ergänzung zu DGNSS eingesetzt werden kann. Die entwickelte Softwarelösung hat das Potential, die Genauigkeit des Monitorings erheblich zu verbessern und die Ausgabe des vollständigen Zustandsvektors eröffnet zahlreiche Analysemöglichkeiten. Weitere Forschungsarbeiten sollten sich auf die Integration der entwickelten Softwarekomponenten in reale SHM-Systeme auf Bauwerken konzentrieren, um die Leistungsfähigkeit des entwickelten Systems unter realen Bedingungen zu validieren.