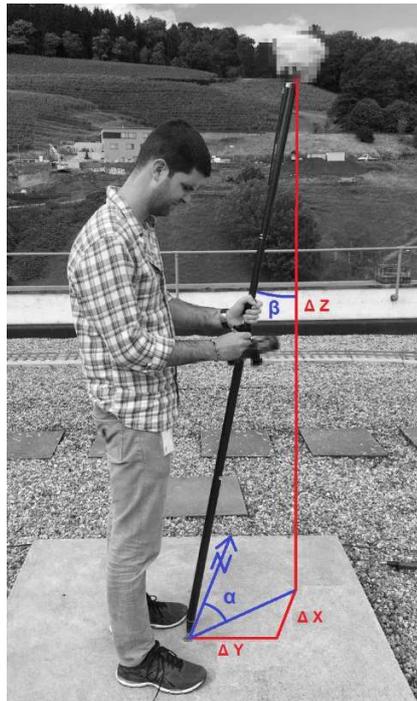


# Bachelor-Thesis 2016

## Analyse des Anwendernutzens und der Genauigkeit von Neigungssensoren in GNSS Empfängern



**Autoren:** Philippe Brand  
Peter Buchmann

**Examinator:** Prof. Dr. R. Gottwald

**Experte:** Dr. D. Grimm

# Analyse des Anwendernutzens und der Genauigkeit von Neigungssensoren in GNSS Empfängern

**In dieser Arbeit werden GNSS-Systeme mit eingebauten Neigungssensoren von verschiedenen Herstellern miteinander verglichen. Dazu werden die Systeme durch eigens entwickelte Tests auf ihre Genauigkeit und Gebrauchstauglichkeit (Usability) geprüft. Als weiterer Bestandteil der Arbeit wird der Anwendernutzen, welcher sich durch die neue Technologie eröffnet, analysiert und beschrieben.**

**Schlagworte:** GNSS, Neigungssensor, Kompass, Usability, Anwendernutzen

## 1. Einleitung und Ausgangslage

Durch die neue Technologie können Punktmessungen auch mit schräg gehaltenem Lotstock durchgeführt werden. Die Empfänger messen mittels Neigungssensoren den Neigungswinkel des Lotstockes ( $\beta$ ) sowie dessen Orientierung ( $\alpha$ ) durch einen Magnetkompass. Dadurch können mit der Länge des Lotstockes, die Koordinatendifferenzen ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ) vom Phasenzentrum des Empfängers bis zur Spitze des Lotstockes berechnet werden. Nach Abzug dieser Differenzen erhält man die Koordinaten vom Bodenpunkt (siehe Titelbild).

## 2. Genauigkeit

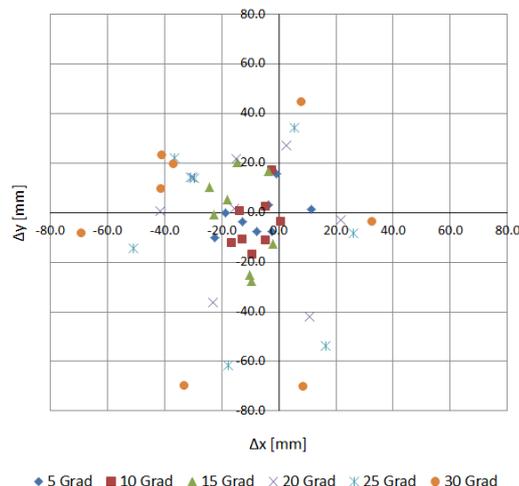


Abb. 1: Lageabweichungen im freien Feld

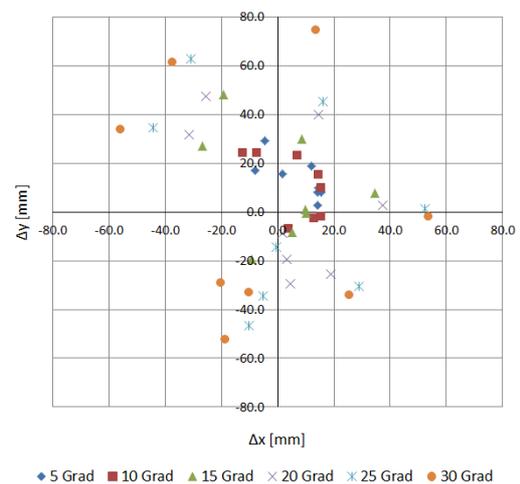


Abb. 2: Lageabweichungen im urbanen Gebiet

GNSS Empfänger, welche die Orientierung des Lotstockes mit Hilfe eines Kompasses bestimmen, werden durch magnetische Einflüsse gestört. Der Vergleich zwischen Abbildung 1 und 2 zeigt dies deutlich. Während die Punkte auf dem freien Feld normalverteilt streuen, ist bei den Punkten im urbanen Gebiet eine einseitige Verdichtung erkenntlich.

Unabhängig von magnetischen Störeinflüssen, nehmen mit zunehmender Lotstockneigung

die Abweichungen in der Lage und Höhe bei allen untersuchten Systemen zu. Grund dafür ist die Durchbiegung des Lotstockes sowie eine zu ungenaue Kalibrierung der Sensoren.

### 3. Anwendernutzen

Punkte, auf welchen ein lotrechtes Aufhalten des Lotstockes bisher nicht oder nur schwer möglich war (siehe Abb. 3), können nun aufgenommen werden. Es gilt jedoch zu beachten, dass einige Punkte auf den unten ersichtlichen Abbildungen, infolge magnetischer Störungen nicht mit genügender Genauigkeit zu bestimmen sind (mit rotem Kreuz gekennzeichnet).

Mittels des Neigungssensors kann die Horizontaldistanz vom Empfänger bis zur Spitze des Lotstockes berechnet werden. Werden zwei Schrägmessungen mit unterschiedlicher Neigungsrichtung für denselben Punkt durchgeführt, so kann mittels Bogenschnitt der gesuchte Punkt berechnet werden. Diese Methode liefert unabhängig vom Messumfeld genaue Resultate.



Abb. 3: Neue Messmöglichkeiten durch die Neigungskompensation

Durch die Neigungskompensation entfällt die Zeit, welche für die Horizontierung des Lotstockes aufgewendet werden muss. Der Messablauf wird dadurch auch komfortabler, schneller und effizienter. Allerdings müssen die Sensoren im Empfänger vorgängig kalibriert werden, was je nach Modell mehrere Minuten in Anspruch nimmt.

### 4. Fazit

Der elektronische Magnetkompass ist der der Sensor mit den grössten Messunsicherheiten. Dieser wird durch äussere, unkalkulierbare Einflüsse gestört, was wiederum eine zuverlässige Punktbestimmung auf wenige Messstandorte reduziert. So ist das Messen im urbanen Gebiet mit grossen Abweichungen behaftet.

Die Funktion der neigungskompensierten Messung mittels zweier schräg aufgenommener Punkte, bietet eine gute Alternative zur kompassbasierten Messung. Damit kann auch im urbanen Gebiet mit schräg gehaltenem Lotstock gemessen werden.

Autoren:	Philippe Brand	philippe.br@bluewin.ch
	Peter Buchmann	peter.buchmann@gmx.ch
Examinator:	Prof. Dr. Reinhard Gottwald	reinhard.gottwald@fhnw.ch
Experte:	Dr. David Grimm	david.grimm@leica-geosystems.com