

Gemeinsame Nutzung von GPS und GLONASS im Satellitenpositionierungsdienst **SAPOS**[®]

Mit der Verfügbarkeit weiterer GLONASS-Satelliten streben die Bundesländer sukzessiv an, den Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (**SAPOS**[®]) um die GLONASS-Satelliten zu erweitern. Im Rahmen einer Diplomarbeit an der Technischen Fachhochschule Berlin in Zusammenarbeit mit der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg werden die Auswirkungen hinsichtlich Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit im **SAPOS**[®]-Dienst mit GPS einerseits und einer Kombination von GPS/GLONASS andererseits, untersucht.

Einleitung

Das amerikanische Satellitennavigationssystem GPS ist im Vermessungswesen wegen seiner hohen Genauigkeit und Verfügbarkeit eine Alternative zu anderen terrestrischen Messverfahren. Durch ständige Weiterentwicklung und Verbesserung ist es heute nicht mehr aus der Praxis wegzudenken. Doch das Monopol in der Satellitennavigation geht dem Ende entgegen, denn das von Russland entwickelte Pendant GLONASS soll bis 2009 wieder komplett verfügbar sein und auch der Aufbau des europäischen Systems Galileo steht bevor. Durch Kombination von GPS und GLONASS (G/G) lässt sich schon jetzt mit 12 der 24 zusätzlichen Satelliten eine deutliche Verbesserung der praktischen Anwendungsmöglichkeiten erreichen. Es wird erwartet, dass durch die zusätzlichen Satelliten die Genauigkeit, Zuverlässigkeit und vor allem die Verfügbarkeit verbessert wird, besonders in Gebieten in denen durch Abschattungen die Messungen nur mit GPS, stark eingeschränkt sind.

In einer Diplomarbeit an der TFH Berlin wurden die Auswirkungen der Einbeziehung von GLONASS-Satelliten durch umfangreiche Testmessungen in Gebieten mit verschieden starken Abschattungen untersucht.

Testgebiete

Um für den Nutzer verallgemeinerungsfähige Aussagen machen zu können, ist darauf geachtet worden, Messgebiete, Zeiten und Technologien an die alltäglichen Arbeitsbedingungen anzupassen. Die Zeiträume der Probemessung lagen zwischen 7:30 Uhr und 16:00 Uhr, wodurch ein gewöhnlicher Arbeitstag repräsentiert werden sollte. Um vom Empfängertyp unabhängige Resultate zu erhalten, wurden alle Tests mit den neuesten GNSS-Empfängern (Global Navigation Satellite System) der beiden führenden Hersteller (Leica und Trimble) durchgeführt. Alle Messungen wurden mit Hilfe des Echtzeitpositionierungsdienstes **SAPOS**[®] realisiert.

Die Messungen fanden zum größten Teil im Land Brandenburg, südlich von Potsdam statt. Hier ließen sich alle gewünschten

Testgebiete realisieren. Diese sind nachstehend, nach dem Grad der Abschattung geordnet, aufgelistet:

- ohne Abschattung (Flughafen Saarmund, ohne Bild)
- mit geringer Abschattung (Einfamilieniedlung in der Alleestraße mit wenig Vegetation)



- mit mäßiger Abschattung (Doppelhaussiedlung zwei-drei Etagen mit wenig Vegetation)



- starker Abschattung (Einfamilienhaussiedlung in der Birkenallee mit viel Vegetation hohe Laubbäume)



- sehr starke Abschattung (Berliner Straßenschlucht, Altbau 5 Etagen, Driesener Straße)

Durchführung der Untersuchungen

Die Untersuchungen erfolgten in drei Schritten. Zuerst wurde die Genauigkeit betrachtet. Danach stand die Zuverlässigkeit im Vordergrund der Analysen. Die größte Aufmerksamkeit ist jedoch auf die Verfügbarkeit gelegt worden, da hier die Erwartungen am größten waren.

Genauigkeit

Die Untersuchung der Genauigkeit wurde unter vier Gesichtspunkten durchgeführt:

- Signifikanztest
- Auftreten von systematischen Fehlern
- Streckenvergleich zwischen den Punkten
- Standardabweichungen

Bei den Signifikanztests sind keine signifikanten Abweichungen zwischen den Messungen mit GPS und denen mit GPS & GLONASS gemeinsam in den 3D-Koordinaten festgestellt worden. Das bedeutet, eine Untersuchung der absoluten Genauigkeitssteigerung ist nicht sinnvoll. Bei Abweichungen von den Sollkoordinaten kann nicht entschieden werden, ob Messungen mit GPS oder Messungen mit GPS & GLONASS eine höhere absolute Genauigkeit liefern.

Um systematische Fehler zu entdecken, wurden alle Messungen nach möglichen

systematischen Abweichungen untersucht. Es konnten jedoch keine systematischen Fehler, weder bei Messungen mit GPS noch mit GPS & GLONASS, festgestellt werden.

Alle Ergebnisse der Untersuchung der Standardabweichung sind sehr ähnlich sowie unabhängig vom eingesetzten Gerätetyp. Beispielhaft ist eine Grafik aus der Vielzahl der Berechnungen dargestellt (siehe unten).

In dem dargestellten Diagramm kann man deutlich erkennen, dass die Werte der Standardabweichung mit dem Grad der Abschattung (von links nach rechts) erwartungsgemäß ansteigen. Die Anzahl der Satelliten sank durch die Abschattung bis auf die Hälfte und die Empfänger-Satelliten-Geometrie wurde dadurch sehr stark beeinflusst. Doch unabhängig vom Grad der Abschattung ist kein weiterer Trend erkennbar. Beim direkten Vergleich der beiden Technologien GPS und

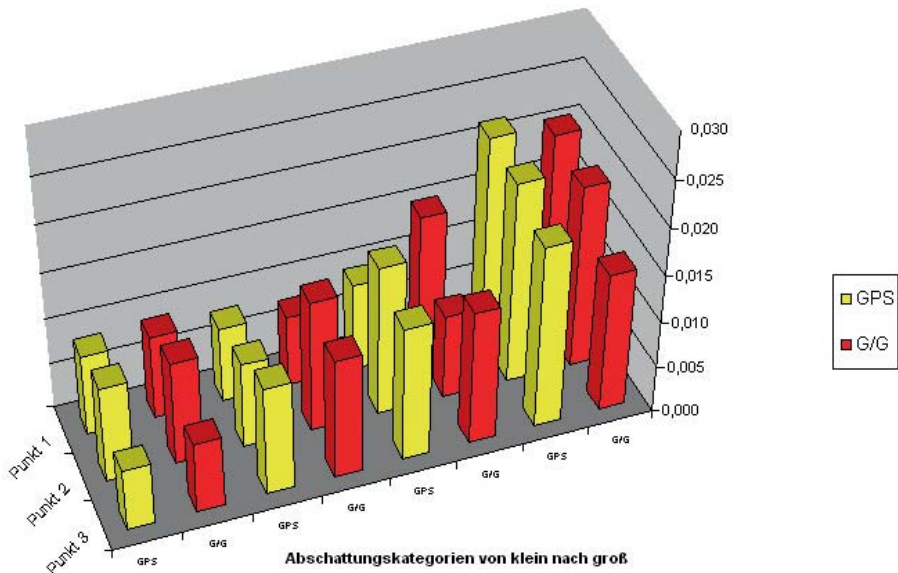


Abb.: Lage-Standardabweichung in Meter

GPS & GLONASS sind keine sichtbaren Verbesserungen oder Verschlechterungen der Genauigkeit zu beobachten. Selbst in Gebieten mit gleicher Abschattung sind Differenzen der Standardabweichungen, wechselseitig zum Vorteil für GPS oder GPS & GLONASS aufgetreten. Dies ist bei beiden Empfängertypen in derselben Weise zu erkennen.

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die bloße Steigerung der Satellitenanzahl (siehe Abschnitt Zuverlässigkeit) um maximal 50 % nicht automatisch eine Genauigkeitssteigerung zur Folge hat.

Mit dem vollständigen Ausbau von GLONASS könnte diese Feststellung aber hinfällig werden.

Zuverlässigkeit

Bei geometrischen Problemen steigt die Zuverlässigkeit eines Systems mit der Anzahl der Messwerte. Deshalb beruhte die

Untersuchung der Zuverlässigkeit auf der Gegenüberstellung der Anzahl von GPS-Satelliten einerseits und GPS & GLONASS-Satelliten andererseits.

In dem folgenden Diagramm ist die durchschnittliche Anzahl der Satelliten in den unterschiedlichen Abschattungskategorien dargestellt. Es wird deutlich, dass durchschnittlich drei GLONASS-Satelliten zu den vorhandenen GPS-Satelliten hinzukommen. In den verschiedenen Abschattungsklassen steigt die Anzahl der Satelliten um ca. 50 % an. Schon diese 50 % versprechen eine höhere Zuverlässigkeit auch in Gebieten mit stärkerer Abschattung.

Mit GLONASS sind zwar durchschnittlich drei Satelliten mehr verfügbar, allerdings gibt es im Laufe eines Tages große Schwankungen. Während zu Spitzenzeiten bis zu fünf russische Satelliten verfügbar sind, kann es vorkommen, dass keine

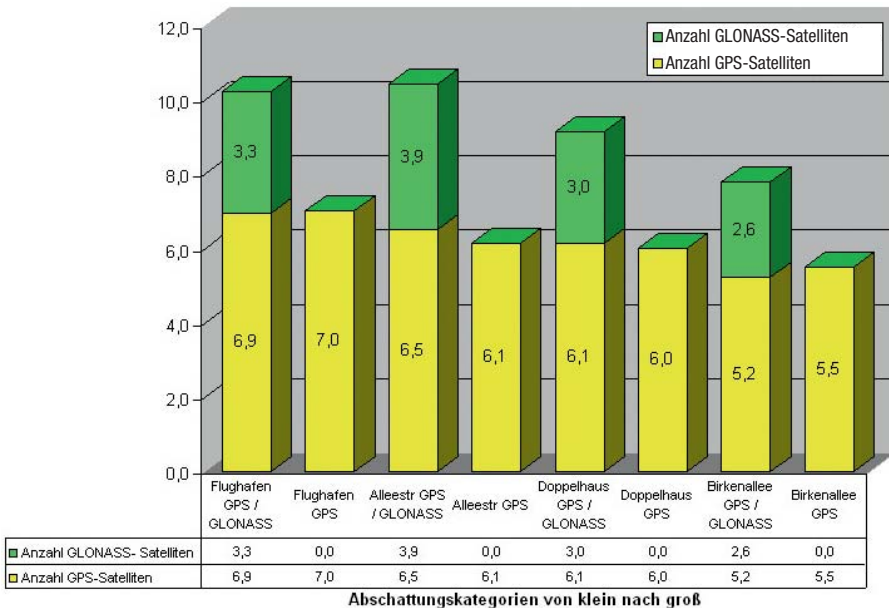


Abb.: Durchschnittliche Anzahl von Satelliten in verschiedenen Abschattungsgebieten

GLONASS-Satelliten sichtbar sind. Die Zuverlässigkeit wird also nur zeitweise erhöht.

Verfügbarkeit

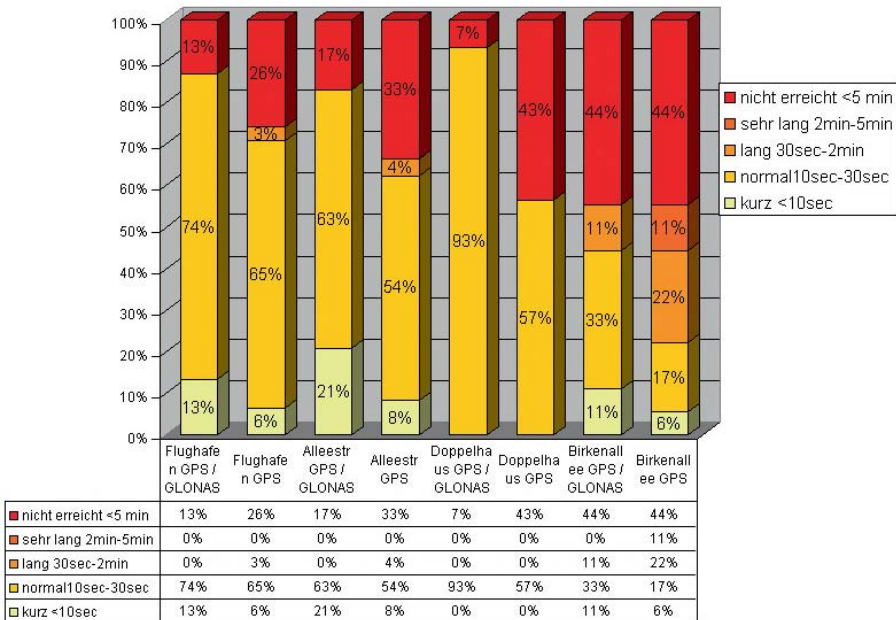
Die Verfügbarkeit wurde anhand zweier Faktoren beurteilt. Zum einen ist die Anzahl der erfolgreichen Initialisierungen der RTK-Systeme in den verschiedenen Gebieten untersucht worden und zum anderen wurden die gemessenen Zeiten bis zur Initialisierung gegenübergestellt.

Es wurde deutlich festgestellt, dass mit der Hinzunahme von GLONASS wesentlich mehr Initialisierungen möglich waren, die zu Koordinatenergebnissen führten. In der folgenden Tabelle sind die Mittelwerte gemeinsam für beide Empfängertypen in den einzelnen Untersuchungsgebieten zusammengestellt.

Testgebiet	Gewinn bei möglichen Initialisierungen
Flugplatz	8 %
Alleestr.	15 %
Doppelhaus	30 %
Birkenallee	4 %

Jedoch wurde auch festgestellt, dass gerade in stark abgeschatteten Gebieten (Häuserschluchten) der Vorteil der Hinzunahme von GLONASS-Satelliten gering ausgefallen ist.

Weiterhin wurde ein weiteres Phänomen bei den Testmessungen festgestellt, das von den Gerätefirmen jedoch nicht bestätigt wurde: es ist nicht die Gesamtanzahl aller empfangenen Satelliten, sondern lediglich die Anzahl der empfangenen GPS-Satelliten entscheidend dafür, ob ein **SAPOS®**-Rover initialisiert werden kann.



Abschattungskategorien von klein nach groß

Abb.: Ergebnisse der Verfügbarkeitsuntersuchung

Diese Vermutung wurde mit zusätzlichen Messungen bei starken Abschattungen und ohne Abschattung auf dem Dach der TFH überprüft. Die Untersuchungen bestätigten, dass es ohne eine ausreichende Anzahl von mindestens 5 GPS-Satelliten bei beiden Gerätesystemen zu keiner Initialisierung kommt.

Das erklärt wiederum den niedrigen Gewinn der Verfügbarkeit in stark abgeschatteten Gebieten mit zusätzlichen GLONASS-Signalen. Denn hier werden zu wenig GPS-Signale empfangen, um eine Initialisierung zu erreichen.

Fazit und Ausblick

Es kann festgestellt werden, dass in der Genauigkeit keine spürbaren Verbesserungen durch Hinzunahme von GLONASS-Satelliten zu bemerken sind. Die Zuverlässigkeit wird durch die großen Schwankungen der Anzahl der GLONASS-Satelliten innerhalb eines Tages nur zeitweise erhöht.

Die operative Nutzerverfügbarkeit von *SAPOS*[®] konnte durch Hinzunahme der GLONASS-Satelliten gebietsweise verbessert werden. Der erhoffte Verfügbarkeitsprung gerade in Gebieten mit sehr starken Abschattungen (z.B. Häuserschluchten) blieb vorerst aus.

Die zusätzlichen Testmessungen bestätigen die Vermutung, dass nicht die Gesamtanzahl der Satelliten über eine Initialisierung entscheidet, sondern die Anzahl der GPS-Satelliten. Somit ist heute noch kein kompromissloses Zusammenarbeiten beider Satellitensysteme erreicht.

Obwohl das GLONASS-Raumsegment zur Zeit nur zu 50 % ausgebaut ist, können bereits jetzt Verbesserungen in der Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit durch die Hinzunahme der GLONASS-Satelliten nachgewiesen werden. Insgesamt

darf der Nutzer heute jedoch noch keine revolutionären Verbesserungen durch die Einbeziehung von GLONASS erwarten.

Im Jahre 2009 soll GLONASS vollständig ausgebaut sein. Auch die Technologien, die Rechnerkapazität in den Rover-Systemen sowie die Softwarealgorithmen werden sich bis dahin weiterentwickeln. Damit könnten eventuell die bereits heute „versprochenen“ Sprünge in Genauigkeit, Zuverlässigkeit und vor allem in der Verfügbarkeit erreicht werden. Daher ist es zu begrüßen, dass die Bundesländer schon heute bereits mit dem Nachrüsten ihrer Referenzstationen mit GLONASS-Signalen beginnen. Darüber hinaus soll das europäische System Galileo ab 2012 teilweise verfügbar sein. Ferner ist eine zusätzliche dritte GPS-Frequenz geplant, welche das Problem der Lösung der Phasenmehrdeutigkeit stark vereinfachen und so eine Genauigkeitssteigerung nach sich ziehen wird.

