

Beitrag K: Klaus Brand, Roland Körber

Einbindung von GNSS-Informationen zur Qualitätssicherung und Nachvollziehbarkeit

Integration of GNSS Information for Quality Assurance and Traceability

Dr. Klaus Brand, Roland Körber

*GI Geoinformatik, k.brand@gi-geoinformatik.de
GI Geoinformatik, r.koerber@gi-geoinformatik.de*

Abstract

Short presentation of the guideline "Mobile GIS" by Dr. Klaus Brand, editor in the name of the association "Runder Tisch GIS e.V.". Explaining the objectives of the guideline and the issue of quality and traceability on using GNSS systems (global navigation satellite system) in mobile workflows.

Today a lot of data is collected in the field via GNSS location. Depending on the accuracy requirements, different receivers are used which provide positions up to one-centimeter accuracy. When reviewing the collected data, however, the same questions keep coming up: How good was the GNSS position at the time of collection? Have the claimed accuracy requirements been met?

This paper will discuss the possibilities of GNSS software for collecting data to ensure the required quality standards and traceability.

Zusammenfassung

Kurzvorstellung des Leitfadens „Mobile GIS“ durch Dr. Klaus Brand, als Herausgeber im Namen des Runden Tisch GIS e.V., mit Erläuterung der Ziele des Leitfadens und Überleitung zum Thema der Qualität und Nachvollziehbarkeit beim Einsatz von GNSS-Systemen in mobile Arbeitsabläufe.

Viele Daten werden heute über eine GNSS-Position vor Ort erfasst. Je nach Genauigkeitsanforderungen kommen dementsprechend Empfänger zum Einsatz, die

Positionen bis zu einer Zentimeter-Genauigkeiten liefern. Bei der Sichtung der erfassten Daten ergeben sich jedoch immer wieder die gleichen Fragen: Wie gut war die GNSS-Position zum Zeitpunkt der Erfassung? Wurden die geforderten Genauigkeitsanforderungen erfüllt? Und spätestens bei Unstimmigkeiten möchte man gerne nachvollziehen können, welche GNSS-Bedingungen bei der Erfassung vorherrschten, und ob eventuell die erfassten Daten nachträglich in Ihrer Lage verändert wurden?

In diesem Beitrag wird darauf eingegangen, welche Möglichkeiten eine Software für die Datenerfassung mittels GNSS bieten kann, um die geforderten Qualitätsansprüche und Nachvollziehbarkeit sicherzustellen. Dabei wird auf nachfolgende Punkte eingegangen:

- GNSS-Datenformat NMEA vs. herstellerspezifische Formate
- GNSS-herstellerunabhängige Datenauswertung und -speicherung
- Integrierte Qualitätsanforderungen bei der Datenerfassung (visuell und funktional)
- Protokollierung der GNSS-Daten für jeden Punkt/Stützpunkt
- Nachvollziehbarkeit von Veränderungen
- Integration bei Fotoerfassung (Stichwort „Geotagging“)
- Bereitstellung von Schnittstellen für Datenexport

Die jeweiligen Punkte werden anhand von Produktbeispielen aus dem Bereich mobiles GIS veranschaulicht.

1 Kurzvorstellung Leitfaden „Mobiles GIS“

Auf über 270 Seiten bietet der „Leitfaden – Mobile GIS“ in seiner neuen Auflage 3.0 einen umfassenden Überblick zu den aktuellen Entwicklungen mobiler GNSS-gestützter Datenerfassung bis hin zur Bereitstellung räumlicher Daten [Donbauer & Kolbe 2017; Brand 2017]. Ziel dieses Leitfadens war es, durch strukturierte Orientierungs- und Entscheidungshilfen einen strukturierten Einstieg in das Thema zu geben. Durch vorgefertigte Formatvorlagen können Leistungsmerkmale des breiten Angebotsspektrums von Hard- und Softwareprodukten schneller verglichen werden und so Entscheidungen oder Beschaffungen unterstützt werden. Besonderer Wert wurde auf das Zusammenwirken und die Abhängigkeiten der einzelnen Komponenten in einer aufgabenbezogenen Gesamtlösung gelegt. Handlungsempfehlungen,

Checklisten, ein Glossar und Links zu Userforen und weiterführender Literatur sollen dabei helfen.

Um den Wert des Leitfadens zu erhalten, erfolgen regelmäßig Aktualisierungen. Mit insgesamt 20.000 Downloads der Vorgängerversionen und ca. 1.600 für die aktuelle Version, gehört der Leitfaden zu den erfolgreichsten Publikationen des Runden Tisch GIS e.V. und steht dort kostenfrei zur Verfügung.

Wir wollen im Folgenden auf den Aspekt der „Qualität“ einer GNSS-basierten Datenerfassung näher eingehen. Neben den Aspekten der Positionsgenauigkeit (vgl. Kapitel 2.7 im Leitfaden), spielen dabei aber auch Themen wie Datensicherheit, Integrität der erfassten Daten, sowie Authentifizierung, Rechteverwaltung und Aufzeichnung der Messparameter und letztlich die Synchronisierung mit den zentralen Datenbanken eine besondere Rolle (vgl. Kapitel 7).

2 GNSS-Basics

Bevor auf die Qualität von GNSS-erfassten Daten und deren Nachvollziehbarkeit eingegangen wird, erfolgt ein kurzer Einblick in die allgemeinen Basics der GNSS-Positionsbestimmung.

Der Begriff GNSS steht für alle globalen Satellitennavigationssysteme. Dazu zählen

- das GPS (NAVSTAR, USA),
- GLONASS (Russland),
- Beidou (China),
- Galileo (EU).

Die Satelliten dieser Systeme befinden sich auf festen Umlaufbahnen in ca. 25.000 km Höhe um die Erde. Jedes System umfasst etwa 30 Satelliten, wovon ca. sechs davon als Ersatz bei Ausfällen dienen.

Für eine eindeutige Positionierung auf der Erdoberfläche werden vier Satelliten benötigt. Je mehr Satelliten zur Verfügung stehen, desto besser, sprich genauer, ist die Positionierung. Für eine gute Lagegenauigkeit ist maßgeblich auch die Satellitenkonstellation ausschlaggebend. Je weiter die empfangbaren Satelliten am Himmel „verstreut“ sind, desto besser ist die geometrische Konstellation und desto

besser ist die Positionsbestimmung. Diese Verteilung der Satelliten wird über den DOP-Wert wiedergegeben, auf dem im späteren Verlauf noch eingegangen wird.

Ein weiterer wichtiger Faktor, wenn es um die hochgenaue Positionsbestimmung geht, sind die Korrekturdaten. Die vom Satelliten ausgestrahlten Signale werden u.a. durch atmosphärische Störungen beeinflusst. Um diese und andere Störungen zu eliminieren, bzw. zu minimieren, können bei der Positionsbestimmung Korrekturdaten mit einbezogen werden. Diese Korrekturdaten werden in Deutschland zum Beispiel vom SAPOS-Dienst der Landesvermessungsämter, zur Verfügung gestellt.

Zu guter Letzt ist natürlich auch immer der verwendete GNSS-Empfänger ausschlaggebend dafür, ob Korrekturdaten bei der Berechnung der Position miteingebunden werden können, und wie gut die GNSS-Position letztendlich ist.

Auf weitere, beeinflussende Faktoren wie Mehrweg-Effekt oder Abschattung wird in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen.

Weiterführende Information zu Vermessung und Ortung mit Satelliten sind [Bauer 2017] zu entnehmen.

3 GNSS-Datenformate und -speicherung

Bei den GNSS-Datenformaten kann im Allgemeinen zwischen herstellerspezifischen, meist proprietären Formaten und den offenen, herstellerunabhängigen Formaten unterschieden werden.

Jeder Empfänger-Hersteller verwendet bei der Auswertung der Satellitendaten seine eigenen Datenformate. Die Berechnungen finden in der Regel im Empfänger oder dem GNSS-System statt.

Hochwertige Empfänger zeichnen die GNSS-Rohdaten (Beobachtungsdaten) auf, und ermöglichen so eine nachträgliche Neuauswertung. Diese Daten werden je nach verwendeten Empfänger in herstellerspezifischen Dateiformaten oder im RINEX-Format gespeichert. Bei dem RINEX-Format (Receiver Independent Exchange Format) handelt es sich um ein *empfängerunabhängiges* Daten-Speicher- und Austauschformat. Für die nachträgliche Neuauswertung dieser Daten bedarf es eine entsprechende Spezialsoftware und erfordert allgemein einen hohen Kenntnisstand

der Materie. Für Anwender, die in diese Thematik nicht zu Hause sind, ist dieses Vorgehen jedoch nicht praktikabel.

Um die GNSS-Daten auch für Drittsoftware zugänglich zu machen, bieten die meisten Hersteller eine „Schnittstellen-Software“ an. Diese kann als alleinstehendes Programm oder als SDK in eine Erfassungssoftware eingebunden werden. Über diese Schnittstellensoftware kann der Empfänger konfiguriert und die Anbindung von Korrekturdaten vorgenommen werden. Einige Produkte ermöglichen auch die Einbindung von eigenen Transformations-Modellen, um so bereits bei der Erfassung die Positionen im gewünschten Koordinatenreferenzsystem zu erhalten.

Die fertig berechneten Koordinaten werden dann im standardisierten NMEA 0183 Format an die Drittsoftware übergeben. Bei dem NMEA (National Marine Electronics Association) Format handelt es sich um einen ASCII-basierten Datensatz.

Je nach Hersteller und Empfängertyp umfasst die NMEA-Ausgabe verschiedene Informationen zur Position:

- Uhrzeit, Datum
- Längen- und Breitengrad
- Geschwindigkeit über Grund
- Bewegungsrichtung
- Empfängerausrichtung
- DOP-Werte (horizontal, vertikal, Position)
- Korrektursignal (verwendet, Art)
- Satellitenanzahl (Sicht, für Berechnung verwendet)
- Genauigkeit (horizontal/vertikal)
- ...

Die Ausgabe dieser Informationen erfolgt, je nach Einstellung des Empfängers, sekundlich.

Diese Informationen gilt es bei der Erfassung von Objekten zu speichern, denn Sie können bei nachträglicher Betrachtung und Analyse Rückschlüsse geben, welche Bedingungen vorgeherrscht haben. Für die Auswertung dieser Informationen bedarf es keine tiefgehenden Kenntnisse und stellt somit eine deutlich praktikablere Lösung dar.

Die Speicherung dieser Informationen sollte nach Möglichkeit zu jeder erfassten Position erfolgen und eine entsprechende Verknüpfung zu den erfassten Objekten (Punkt, Linie, Fläche) aufweisen. Im besten Falle sollte dies in einem offenen Datenformat erfolgen.

4 Integrierte Qualitätsanforderung bei der Datenerfassung (funktional und visuell)

Für die GNSS-basierte Erfassung können nachfolgende Qualitätsindikatoren herangezogen werden:

- Berechnete Genauigkeit (horizontal/vertikal): hierbei handelt es sich um eine statistisch berechnete Genauigkeit, in der der gemessene Punkt liegt.
- DOP (Dilution of Precision): Dieser Wert gibt in Abhängigkeit von der geometrischen Konstellation der Satelliten ein *Maß für die Streubreite der Messwerte* an. Je geringer ein Wert ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Messwert eine hohe Lagegenauigkeit aufweist. In den meisten Fällen wird hier zwischen VDOP (vertikal), HDOP (horizontal) und PDOP (3D-Position) unterschieden.
- Verwendetes Korrektursignal: Bei den Korrektursignalen wird zwischen "Autonom" (ohne Korrektursignal), DGNSS (differenzielle GNSS) und RTK (Real Time Kinematic) unterschieden.
- Korrekturalter
- Anzahl der verwendeten Satelliten

Mit Hilfe der oben aufgelisteten Qualitätsindikatoren können Mindestanforderungen und Schwellenwerte definiert werden. Diese legen fest, ob eine Position erfasst werden darf, oder unterbunden werden soll. Einige Software-Produkte differenzieren hier noch weiter und schränken beispielsweise bei nicht optimalen Bedingungen Funktionen teilweise ein. Durch die Berücksichtigung von mehreren Indikatoren sind sehr individuelle Konfigurationen möglich.

Bei der visuellen Darstellung von Qualitätsindikatoren bietet sich das Ampelsystem an.

Dies könnte sich wie folgt darstellen (Abbildung 1):

- Bei Rot sind die Anforderungen nicht erfüllt, eine Erfassung ist nicht möglich.
- Bei Gelb sind die Anforderungen nur teilweise bzw. minimalst erfüllt. Eine Erfassung ist nur nach erneuter Bestätigung durch den Anwender möglich.
- Bei Grün sind alle Anforderung erfüllt, Erfassung ohne Rückmeldung möglich.

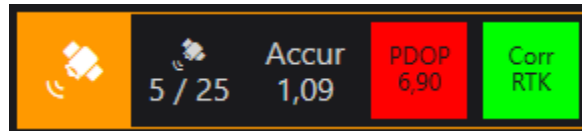


Abbildung 1: Softwarebeispiel - Ampelsystem in GI Mobil RT

Durch die Integration solcher Qualitätsanforderungen kann die Datenqualität gewährleistet werden. Gerade in Bereichen, in denen ein hohes Maß gefordert wird, scheint ein solches Vorgehen unerlässlich zu sein. Zusätzlich werden durch den Einsatz eines Ampelsystems gerade auch unerfahrene Anwender geführt und bei der korrekten Erfassung von Daten unterstützt.

Bei der Festlegung von Qualitätsanforderungen sollte jedoch nie außer Acht gelassen werden, ob diese auch in der Realität umsetzbar sind. Sind die Anforderungen zu hoch definiert, könnte ggf. eine Erfassung komplett unterbunden werden.

5 Protokollierung von GNSS-Daten für jeden Punkt/Stützpunkt

Anhand der Software GI Mobil RT wird im nachfolgenden Abschnitt erläutert, wie eine solche Protokollierung von GNSS-Daten aussehen kann.

Die position100 Technologie wurde für die Protokollierung von Metadaten bei der GNSS-gestützten Positionserfassung von Punkten oder Stützpunkten (bei Linien oder Flächen) von der GI Geoinformatik GmbH entwickelt.

Die dabei verwendeten GNSS-Informationen (Anzahl der zur Verfügung stehenden Satelliten, Anzahl der verwendeten Satelliten, PDOP-Wert, Korrekturdatentyp, Genauigkeitsangaben, etc.) stammen aus den übertragenen Informationen des GNSS-Empfängers. Zusätzlich werden weitere relevante Informationen zum Prüfer (Windows Authentifikation), das Prüfdatum mit Uhrzeit und das Bearbeitungsdatum mit Uhrzeit erfasst.

Für die Protokollierung wird grundsätzlich unterschieden, ob ein Punkt oder Stützpunkt manuell oder aus einer GNSS-Messung erzeugt wird. Dabei wird auch protokolliert, ob es sich bei der GNSS-Erfassung um eine Einzelmessung oder um eine Erfassung per Mittelwertbildung handelt.

Wird ein mittels GNSS erfasster Punkt/Stützpunkt nachträglich (manuell) bearbeitet, so wird dies mit der position100 Technologie dokumentiert. Wird auf vorhandene Punkte/Stützpunkte gefangen oder werden Geometrien durch Geo-Operationen (z.B. Verschneidung von Flächen) verändert, werden vorhandene GNSS-Metadaten auch auf die „neuen“ Objekte vererbt.

Dadurch ist eine Protokollierung der Rahmenbedingungen und Qualitätskontrolle bereits während der Erfassung möglich. Dies ist bei vielen Aufgabenstellungen im Gelände erforderlich oder vorgeschrieben, um die auf diesen Daten aufgesetzten Prozesse sicher durchführen zu können.

Entsprechend der Erfassungsmethode werden im Info-Center von GI Mobil RT die jeweiligen Informationen angezeigt (Abbildung 2).



Abbildung 2: Beispiel Info-Center in GI Mobil RT (links für GNSS-Einzelmessung, rechts für GNSS-Mittelwertbildung)

Dabei können durch einen einfachen Klick die geloggtten Positionen einer Mittelwertbildung für eine Sichtkontrolle visualisiert werden. Alle Protokoll-

Informationen werden in einer File-Geodatabase dauerhaft gespeichert und sind über interne IDs den jeweiligen Messungen zuordenbar.

6 Integration bei Fotoerfassung

In vielen Anwendungsfällen ist es erforderlich oder zumindest hilfreich, die erfassten Daten mit einem oder mehreren Fotos zu dokumentieren. Welche Möglichkeiten es bei der Erfassung von Fotos hinsichtlich der Qualitätsanforderungen und Nachvollziehbarkeit hinsichtlich der GNSS-Position gibt, wird nachfolgend erläutert.

Bei der Verortung von Fotos wird im Allgemeinen oftmals von Geotagging gesprochen. Das Geotagging kann auf verschiedene Arten erfolgen. Häufig erfolgt die Verortung über das eingebaute GNSS-Modul bei Smartphones und Tablet. Auch verfügen einige Kameras über ein integrierte GNSS-Modul bzw. haben eine Schnittstelle für externe GNSS-Empfänger. Die Genauigkeit dieser Empfänger liegt meist bei 5 – 15 Meter. Die Geoinformationen werden dabei in der Regel direkt bei der Aufnahme in die Exif-Daten geschrieben.

Eine andere Möglichkeit ist das nachträgliche Verorten von Aufnahmen. Dies erfolgt dann meist über eine Software am PC. Dabei wird in einem Kartenfenster der Aufnahmestandort manuell festgelegt.

Sind allerdings für den Standort der Erfassung höhere Genauigkeitsanforderungen definiert, empfiehlt es sich, auf eine andere Vorgehensweise zurückzugreifen. Einige Software-Produkte zur Erfassung von Daten bieten auch eine Fotofunktion mit an. Dabei wird das Foto an einen mittels GNSS-erfasstes Objekt (z.B. Punkt) verknüpft. Wird bei der Fotoerfassung gleichzeitig eine GNSS-Position erfasst, können die oben beschriebenen Qualitätsindikatoren integriert werden und somit eine Qualitätskontrolle sicherstellen. Die unter Punkt 4 vorgestellte position100 Technologie wird beispielsweise auch bei der Erfassung von Fotos in GI Mobil RT angewendet. Durch die Speicherung dieser Metadaten (z.B. exakter Standort der Aufnahme, Blickrichtung, Zeitpunkt der Aufnahme, etc.) ist eine bessere Auswertbarkeit, je nach Aufgabenstellung und Arbeitsablauf, möglich.

7 Bereitstellung der erfassten Daten für weiterführende Systeme

Abhängig von der eingesetzten Software und zentralen Datenhaltung kann die Datenweitergabe offline oder online via Cloud-Dienst erfolgen. Oftmals sind hier interne IT-Sicherheitsvorgaben ausschlaggebend.

Erfolgt die Datenhaltung mit einer einheitlichen Basis-Technologie, fallen in der Regel Konvertierungen weg. Werden Technologien von unterschiedlichen Anbietern verwendet, empfiehlt es sich auf gängige Standard-Formate zu setzen.

Nachfolgend eine Auswahl der gängigsten Formate:

- GPX (GPS Exchange Format)
- GML (Geography Markup Language)
- KML (Keyhole Markup Language)
- SHP (Shapefile, Quasi-Standard)
- File-GDB (Geodatabase, Esri-Format)
- SpatialLite
- GeoJSON
- GPKG (Geopackage)

Jedes Format hat hier seine eigenen Vor- bzw. Nachteile, so dass die Auswahl des zu verwendeten Austausch-Formates neben der eingesetzten Software, letztendlich auch von den jeweiligen Anforderungen abhängig ist.

8 Literaturverzeichnis

Bauer, M. (2017): Vermessung und Ortung mit Satelliten. 7. Auflage. Berlin: Wichmann Verlag.

Donbauer, A. und Kolbe, T. (2016): Leitfaden Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM. München, Runder Tisch GIS e.V.

Brand, K. et al (2017): Leitfaden Mobiles GIS. München, Runder Tisch GIS e.V.

<http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm> (aufgerufen am 30.05.2018).