



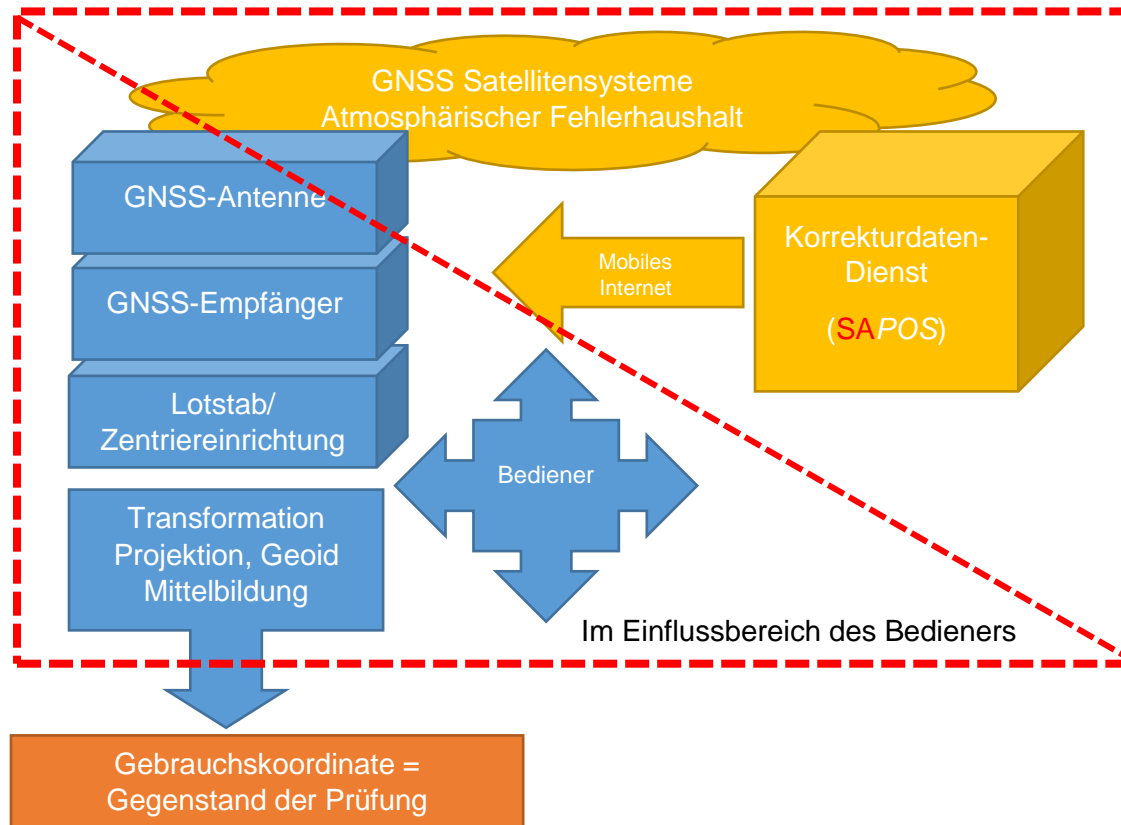
GNSS-Kontrollpunkte der bayerischen Vermessungsverwaltung

für

Einfache und qualifizierte Feldprüfverfahren nach DIN ISO 17123 - 8

Dieses Feldprüfverfahren bezieht sich auf die dreidimensionale Koordinate als primären Messwert, der einem Sollwert gegenübergestellt wird.

Das GNSS-Feldprüfverfahren umfasst die Integrale Prüfung des GNSS-Messinstrumentes von der Messung bis zur Darstellung der Gebrauchskoordinate unter Einbeziehung des verwendeten Messinstrumentes, Zubehörteilen, Messinstrument-, Firmware- und Applikationseinstellungen sowie Korrektur und Transformationsdaten.



Für das Feldprüfverfahren werden die vom GNSS-Messinstrument dargestellten dreidimensionalen Gebrauchskoordinaten als Prüfungsgegenstand den Sollwerten des Kontrollpunkts gegenübergestellt. Die GNSS-Kontrollpunkte der bayerischen Vermessungsverwaltung weisen Sollwerte für diese Gebrauchskoordinaten auf:

- Dreidimensionale kartesische Koordinaten (X, Y, Z) im ETRS89/DREF91
- Geographische Koordinaten (Länge, Breite) im ETRS89/DREF91
- Abgebildete Koordinaten (UTM32 East, North) im ETRS89/DREF91
- Ellipsoidische Höhe über GRS80 im ETRS89/DREF91
- Normalhöhe über NHN im DHHN2016 (aus ETRS89 abgeleitet, GCG2016)

Bestimmungsgenauigkeit der Sollkoordinaten (Standardabweichung S_0 , 1 Sigma)

| | |
|-----------------------------------|------|
| Lagekomponenten im ETRS89/DREF91: | 5 mm |
| Höhe über GRS80 im ETRS89/DREF91: | 8 mm |
| Normalhöhe über NHN im DHHN2016: | 8 mm |



Die GNSS-Kontrollpunkte der Bayerischen Vermessungsverwaltung sind ab der Messunsicherheitsklasse B nach DIN geeignet, für höhere Genauigkeiten sind die **GNSS-Testfelder** zu verwenden.

Hinweis: Der amtliche Positionierungsdienst **SAPOS** liefert primär dreidimensionale Koordinaten im ETRS89/DREF91, darstellbar als kartesische geozentrische Koordinaten (X,Y,Z) oder als geographische Koordinaten (Längengrad, Breitengrad, Höhe über Ellipsoid GRS80). Durch die Projektion in die UTM-Abbildung (z.B. UTM 32) und die Umrechnung in Normalhöhe im DHHN2016 über NHN (z.B. mit dem Geoidmodell GCG2016) entstehen weitere Fehlermöglichkeiten, die Messunsicherheit der Höhenkomponente verschlechtert sich wegen der zusätzlichen Abweichungen der Umrechnung (Genauigkeit S_0 GCG2016: 0,5 cm Flachland, 1,4 cm Bergland). Daher ist es zur Beurteilung der Qualität angeraten, als Sollwert neben der Gebrauchskoordinate (UTM 32, Normalhöhe) auch die primäre ETRS89/DREF91-Koordinate heranzuziehen.

Anwendung, Prüfverfahren, Ergebnisse

Mit der Verwendung der GNSS-Kontrollpunkte und GNSS-Testfelder der Bayerischen Vermessungsverwaltung erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an. Insbesondere sind die Punkte nur zu den genannten Kontrollverfahren geeignet und dürfen nicht zu anderen Zwecken verwendet werden. Wir bitten Sie, die Punkte in ordentlichem Zustand zu hinterlassen und Beschädigungen unverzüglich an das **SAPOS**-Team in Bayern (sapos@ldbv.bayern.de; 089 2129 1030) zu melden. Unterirdische Vermarkungen sind nach der Kontrollmessung sorgfältig zu verschließen und bodengleich abzudecken. Bitte beachten Sie die örtlichen Verkehrsregelungen und vermeiden Sie das Befahren der umliegenden Flächen.

1. Voraussetzungen für alle Prüfverfahren

Bevor mit dem GNSS-Feldprüfverfahren begonnen wird, ist durch den Anwender festzustellen, ob die Messunsicherheit der von ihm gewählten GNSS-Messausrüstung sowie seine Wahl des GNSS-Messverfahrens für die beabsichtigte Messaufgabe geeignet ist. Die Qualität der GNSS-Messung hängt in Abhängigkeit von der zu erzielenden Genauigkeitsstufe von diesen durch den Anwender beeinflussbaren bzw. einschätzbaren Einflussfaktoren ab (**grün**: Einflussfaktor relevant für Genauigkeitsklasse bzw. Koordinatenkomponente, **rot**: Einflussfaktor nicht relevant):

| | Messunsicherheitsklasse nach DIN ISO 17123 | | | | | | | |
|---|--|------|-------------------------------------|------------|-------------------------------|-------------|------------------------------|----------|
| Klasse, Beispiel | A Bauwerks- überwachungen | | B Kataster- vermessung | | C Spaten- breite | | D GIS- Aufnahme | |
| Messunsicherheit U Lage / Höhe [mm] | <10 | <20 | 10 - 30 | 20 - 50 | 30 - 200 | 50 - 200 | > 200 | > 200 |
| | Lage | Höhe | Lage | Höhe | Lage | Höhe | Lage | Höhe |
| Komponente | Störungseinfluss | | | | | | | |
| Ionosphärische Störungen "Weltraumwetter" | grün | grün | grün | grün | grün | rot | rot | rot |
| Troposphärische Störungen Gewitter, Extremwetterlagen | grün | grün | rot | grün | rot | grün | rot | rot |
| GNSS-Geometrie Abschattung, DOP-Wert | grün | grün | grün | grün | grün | grün | grün | grün |
| Signalstörungen Mehrwegeempfang, Reflexion | grün | grün | grün | grün | rot | rot | rot | rot |



| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Antennenfehler Falscher Antennentyp, keine Kalibrierung | | | | | | | | |
| Höhenablesung Antennenreferenzpunkt | | | | | | | | |
| Zentrierung der Antenne Lotstab "schief" | | | | | | | | |
| Messanordnung Vibrationen, Einsinken des Stativs | | | | | | | | |
| Identität des Messpunkts Vermarkung, Stabilität, Definition | | | | | | | | |
| Koordinatenprojektion Fehler des geod. Datums | | | | | | | | |
| Transformationen Lokale Systeme, andere Koordinatenreferenzsysteme | | | | | | | | |
| Umrechnung zu Normalhöhe Geoidmodelle | | | | | | | | |

Durch Maßnahmen des Anwenders kann die Genauigkeit jeder Einzelmessung verbessert werden:

- Fehlerfreie Übertragung von Messpunkten in das Antennenzentrum des GNSS-Messinstrumentes (z.B. mittels Lotstab oder optischem Lot)
- Messdauer, die sich an den Empfehlungen des Herstellers orientieren sollte.
- Die GNSS-Messausrüstung muss einen bekannten und akzeptablen Status der Justierung aufweisen, die nach den im Handbuch des Herstellers angegebenen Verfahren durchgeführt wurde.

Weiterhin sind alle Teile der GNSS-Messausrüstung wie vom Hersteller empfohlen zu verwenden. Die Ergebnisse des GNSS-Feldprüfverfahrens sind unmittelbar vom Ort der Prüfung abhängig. Aus diesem Grund ist das GNSS-Feldprüfverfahren nach Möglichkeit an einem Kontrollpunkt innerhalb oder in räumlicher Nähe des beabsichtigten Messgebietes durchzuführen. Die Kontrollpunkte der bayerischen Vermessungsverwaltung erfüllen folgende minimale Kriterien für alle Verfahrensstufen:

- Dauerhaft stabil gegründet
- Ausführung als Bodenpunkt.
- Horizontfreiheit oberhalb von mindestens 15° Elevation.
- Publikation des Referenzwertes in allen Gebrauchskoordinatensystemen.

Der Zeitpunkt und die Periodizität der Wiederholungen der GNSS-Feldprüfungen sind von der Messungsaufgabe, der Verfahrensstufe und der Dauer des Messungseinsatzes abhängig. Sie sind vor Beginn der Messungsaufgabe festzulegen. Als

Mindestvoraussetzungen sind einzuhalten:

- Mit jedem neuen Messgebiet (z.B., wenn Transformationsparameter gewechselt werden)
- Nach jedem Technischen Service bzw. oder einer Reparatur.
- Nach einem Sturz oder starken Schlag.
- Nach einer längeren Nichtbenutzung der GNSS-Messausrüstung.

Eine **einzige Messung ohne Mittelbildung** kann als einfache Funktionskontrolle auf einem Kontrollpunkt täglich durchgeführt werden. Dafür ist in der **Mess- und Auswertetabelle** das **Messverfahren a)** beschrieben.

2. Verfahrensstufe 1 "Einfacher Koordinatenvergleich"



Vereinfachtes Prüfverfahren mit einer Bewertung, ob sich die Messunsicherheit einer Gebrauchskoordinate innerhalb der gewählten Messunsicherheitsklasse befindet, ohne Bestimmung von Standardunsicherheiten. Das vereinfachte Prüfverfahren basiert auf einem Soll-Ist-Vergleich gegenüber einem Referenzpunkt unter Messbedingungen, d.h.

- unter Verwendung der im Messprojekt zur Bestimmung einer Gebrauchskoordinate zur Anwendung kommenden Messdauer und Mittelung
- unter Verwendung der im Messprojekt eingesetzten GNSS-Messausrüstung.

2.1 Voraussetzung

Für das Messprojekt ist eine maximale Messabweichung Δ_L für die Lage- und Δ_H für die Höhenkomponente definiert. Die GNSS-Kontrollpunkte der Bayerischen Vermessungsverwaltung sind ab einem $\Delta_L = 20\text{mm}$ und einem $\Delta_H = 30\text{mm}$ geeignet (Messunsicherheitsklasse B nach DIN), für höhere Genauigkeiten sind die **GNSS-Testfelder** zu verwenden.

2.2 Prüfungsprozedur

- Auslösung der Messung und Ermittlung der Gebrauchskoordinaten E_1, N_1, H_1
- Beibehaltung der Gebrauchslage (z.B. kein Drehen des Lotstabes)
- kein zusätzlicher zeitlicher Abstand zwischen den Messungen
- Neu-Auslösung des Messprozesses (z.B. bei RTK-Messungen Neu-Initialisierung der Phasenmehrdeutigkeiten)
- 2. Messung und Ermittlung der Gebrauchskoordinaten E_2, N_2, H_2 , usw

Nach Durchführung der Prozedur stehen für jede Messung Gebrauchskoordinaten zur Verfügung.

2.3 Berechnung und Interpretation

Berechnung der Messabweichung

$$\Delta E_i = E_i - E_R$$

$$\Delta N_i = N_i - N_R$$

$$\Delta H_i = H_i - H_R$$

Für die weiteren Betrachtungen sind nicht-metrische Messabweichungsausdrucksformen in die Dimension Meter zu überführen. Die Lagekomponente berechnet sich aus:

$$\Delta L_i = \sqrt{\Delta E_i^2 + \Delta N_i^2}$$

Die Messabweichung ($\Delta L_i, \Delta H_i$) jeder Einzelmessung wird in Relation zur maximalen Messabweichung gestellt. Wenn für alle Einzelmessungen in Lage und Höhe $\Delta L_i \leq \Delta_L$ und $\Delta H_i \leq \Delta_H$ erfüllt ist gilt das vereinfachte Prüfverfahren als bestanden. Für diese Prüfung ist in der **Mess- und Auswertetabelle** das **Messverfahren b)** beschrieben. Die Auswertung erfolgt mit der Tabelle "**Auswertung 1**"

3. Verfahrensstufe 2 "Qualifizierter Koordinatenvergleich"

Prüfverfahren mit Vorgabe festgelegter Messungsbedingungen, die zur bestmöglichen Bestimmung der Messunsicherheit der Gebrauchskoordinate angewandt werden. Mit Hinweisen auf beachtenswerte Einflussfaktoren und Voraussetzungen (z.B.: Einstellungen am Messinstrument, Satellitensichtbarkeit, DOP-Werte, Mehrwegeeffekte). Bei Nichteinhaltung wird eine Hilfestellung in der Lokalisierung der möglichen Ursachen gegeben.

3.1 Voraussetzung



Für das Messprojekt sind die einzuhaltenden Messunsicherheiten (Standardabweichung S_0 , 1Sigma) U_L für die Lage- und U_H für die Höhenkomponente definiert. Die GNSS-Kontrollpunkte der Bayerischen Vermessungsverwaltung sind ab einem $U_L = 10\text{mm}$ und einem $U_H = 20\text{mm}$ geeignet (Messunsicherheitsklasse B nach DIN), für höhere Genauigkeiten sind die **GNSS-Testfelder** zu verwenden.

3.2 Prüfungsprozedur

- Messung und Ermittlung der Gebrauchskoordinaten E_{ij} , N_{ij} , H_{ij} in mindestens 3 Sätzen.
- Jeder Satz besteht aus zwei oder vier Einzelmessungen. Die Einzelmessungen werden in der **Orientierung ϕ_k ($k=1,2$)** der GNSS-Antenne um **180°** variiert, zusätzlich kann die **Aufstellung** mit geänderter Antennenhöhe mindestens um den Betrag 15 cm wiederholt werden. Soweit es die GNSS-Messausrüstung erlaubt, ist die Antennenhalterung (z.B. Lotstab, Adapter) in die Variationen einzuschließen.
- Jede Einzelmessung wird akkumuliert mit der gleichen Messdauer und Mittelung, wie sie für das Messprojekt definiert ist.
- Die Einzelmessungen erfolgen unmittelbar nacheinander.
- Innerhalb eines Satzes erfolgt keine Neuauslösung des Messprozesses (z.B. bei RTK-Messungen keine Neu-Initialisierung der Phasenmehrdeutigkeiten).
- Der zeitliche Abstand zwischen den Sätzen beträgt mindestens 10 Minuten.
- Zwischen den Sätzen erfolgt eine Neu-Auslösung des Messprozesses (z.B. bei RTK-Messungen die Neu-Initialisierung der Phasenmehrdeutigkeiten).

3.3 Berechnung

Wie für 2.3 wird für jede Einzelmessung die Messabweichung bestimmt. Zusätzlich wird die Messunsicherheit über alle Einzelmessungen berechnet.

Wenn für alle Einzelmessungen in Lage und Höhe $\Delta L_i \leq \Delta_L$ und $\Delta H_i \leq \Delta_H$ erfüllt ist und die Messunsicherheit $U \leq U_L$, U_H (gilt das vollständige Prüfverfahren als bestanden. Für diese Prüfung sind in der **Mess- und Auswertetabelle** die **Messverfahren c) (Zwei Messungen pro Satz, nur Orientierung verändert)** und **d) (Orientierung und Aufstellung verändert)** beschrieben. Die Auswertung erfolgt mit den **Tabellen "Auswertung 1"** (Koordinatenvergleich) und **"Auswertung 2"** (Messunsicherheit).

Wenn das Prüfverfahren nicht bestanden wird können die Messabweichungen zur Aufdeckung der Ursachen wie folgt interpretiert werden.

3.4 Interpretation und Ursachenhinweise

3.4.1 Einfluss der Übertragung des Messpunkts in das Antennenzentrum

Ablagen aus der Projektion des Messpunktes, die z.B. aus dem verwendeten Lotstab, dem optischen Lot oder auch der Dosenlibelle begründet sein können, lassen sich durch eine Messung in zwei Lagen, zwischen denen eine Drehung der Messausrüstung um 180° erfolgt, identifizieren. Die Messabweichung übersteigende, aber nicht berücksichtigte Ablagen des tatsächlichen zum angenommenen Antennenphasenzentrums werden ebenfalls durch diese Messung in zwei Lagen aufgedeckt. Zur Auswertung werden die Einzelmessungen gleicher Höhe eines Satzes voneinander abgezogen.

Aus den so gebildeten Messabweichungen aller Sätze wird für jede Koordinatenkomponente der Mittelwert gebildet. Weichen einer der beiden Mittelwerte von ΔE_{ij} und ΔN_{ij} oder beide signifikant von der maximalen Messabweichung ab, kann die Ursache in der Übertragung des Messpunktes in das Antennenzentrum begründet sein.

Für diese Analyse ist in der **Mess- und Auswertetabelle** die Tabelle **"Auswertung 3"** geeignet.



3.4.2 Einfluss des elektromagnetische Nahfeldes

Die Einzelmessungen in verschiedenen Antennenhöhen geben Einblick auf den Einfluss des Antennennahfeldes auf die erreichbare Messgenauigkeit. Das unmittelbare elektromagnetische Umfeld der Antenne kann über Mehrwegeartefakte, Beugungseffekte und sonstige Streueffekte die Messabweichung signifikant erhöhen.

Zur Auswertung werden aus den Einzelmessungen die Messabweichungen h_2-h_1 gleicher Antennenorientierung gebildet, aus den so gebildeten Messabweichungen aller Sätze wird für jede Koordinatenkomponente der Mittelwert gebildet. Weicht der Mittelwert ΔH_{ij} signifikant von der maximalen Messabweichung ab, kann die Ursache in dem Antennennahfeld begründet sein. Eine Verringerung der Messabweichung kann dann durch konstruktive Maßnahmen an der GNSS-Messausrüstung (z.B. eine größere Antennengrundplatte oder die Wahl eines weniger beeinflussten Referenzpunktes) bewirkt werden.

Für diese Analyse ist in der **Mess- und Auswertetabelle** die Tabelle "**Auswertung 3**" geeignet.

3.4.3 Einfluss der erweiterten Umgebungsbedingungen

Die Qualität von mit einer GNSS-Messausrüstung ermittelten Gebrauchskoordinaten ist vorrangig von den zum Messzeitpunkt für die GNSS-Antenne sichtbaren Satelliten sowie deren Konfiguration abhängig. Die Signalqualität wird zudem durch die Bedingungen in Troposphäre und Ionosphäre beeinflusst. Durch einen zeitlichen Abstand der Satzmessungen von mindestens 10 Minuten kann davon ausgegangen werden, dass sich diese durch den Anwender nicht zu beeinflussenden Bedingungen verändert haben. Die Differenz der Koordinatenmittelwerte der einzelnen Sätze liefert zu den zum Zeitpunkt der Messung vorherrschenden Bedingungen eine Größenordnung dieser Einflüsse auf die Messabweichung der Einzelkoordinaten und im Vergleich zur maximalen Messabweichung. Für eine erweiterte Interpretation können so auch Satzmessungen, die an aufeinander folgenden Tagen erhoben wurden, herangezogen werden.

Für diese Analyse ist in der **Mess- und Auswertetabelle** die Tabelle "**Auswertung 4**" geeignet.

4. Verfahrensstufe 3 "Erweitertes Prüfverfahren"

Für das erweiterte Prüfverfahren kommen die **GNSS-Testfelder** zum Einsatz.