

Technische Richtlinie SAPOS® (TR SAPOS®)

vom 1. Januar 2022

1 Grundlegendes

SAPOS® ist für Anschlussvermessungen nach Nummer 1 Absatz 1 AV SAPOS® mit den Diensten Hochpräziser Echtzeit Positionierungs-Service (SAPOS® HEPS) und Geodätischer Postprocessing Positionierungs-Service (SAPOS® GPPS) zu nutzen.

2 Messverfahren und Berechnungsdienst

2.1 Allgemeines

Das Berliner SAPOS®-Referenzstationssystem besteht aus vier permanent betriebenen, vernetzten GNSS-Referenzstationen, den Einrichtungen für die Datenbereitstellung und zwei Monitorstationen. Um eine länderübergreifende Vernetzung zu realisieren, fließen vier weitere GNSS-Referenzstationen der Brandenburger Landesvermessung in das Berliner Vernetzungssystem ein. Alle SAPOS®-Referenzstationen verarbeiten GPS, GLONASS, Galileo und Beidou.

Bei der Auswahl der örtlichen Messpunkte (Antennenstandorte) für den Anschluss an das amtliche Lagereferenzsystem ist auf ausreichende Satellitenverfügbarkeit sowie auf das Vermeiden von Mehrwegeeffekten (Multipath) und Interferenzen zu achten.

2.2 SAPOS® Hochpräziser Echtzeit Positionierungs-Service (SAPOS® HEPS)

SAPOS® HEPS bietet mit der flächendeckenden Vernetzung für eine Einzelmessung eine entfernungsunabhängige Lagegenauigkeit von 0,01 m bis 0,02 m.

Aus den Messungen der permanent arbeitenden SAPOS®-Referenzstationen werden Korrekturdaten im Format RTCM für alle verfügbaren Satelliten abgeleitet. Die Bereitstellung für den Nutzer erfolgt über Internet auf Grundlage des NTRIP-Protokolls. Das Angebot der unterschiedlichen RTK-HEPS-Daten erfolgt auf Grundlage des aktuellen SAPOS®-Standards der AdV.

Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit von SAPOS® HEPS wird in der Regel durch Einhaltung folgender Grundsätze bei der Durchführung der Messungen erreicht:

- PDOP ≤ 3 ,
- günstige Nord-Süd- und Ost-West Verteilung der Satelliten,
- Elevationsmaske $\geq 5^\circ$,
- Initialisierungsdauer ≤ 1 Minute.

(Hinweis: Wird diese Zeitdauer deutlich überschritten, so ist die Festsetzung oftmals fehlerhaft, die Messung sofort oder zu einem späteren Zeitpunkt zu wiederholen oder SAPOS® GPPS gemäß Nummer 2.3 anzuwenden.)

Das Ergebnis einer Messung ist das arithmetische Mittel von mindestens drei Initialisierungen.

2.3 SAPOS® Geodätischer Postprocessing Positionierungs-Service (SAPOS® GPPS)

SAPOS® GPPS bietet empfängerunabhängige Beobachtungsdaten des Berliner SAPOS®-Referenzstationssystems für die Auswertung im Postprocessing mit Genauigkeiten bis in den Subzentimeterbereich. Diese Daten können im Format RINEX über Internet vom Nutzer online bezogen werden, sie werden jeweils stündlich aktualisiert.

Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit von SAPOS® GPPS wird in der Regel durch Einhaltung folgender Grundsätze erreicht:

- Koordinatenbestimmung mit mindestens fünf Satelliten
- PDOP ≤ 5
- Die Beobachtungsdauer muss in Abhängigkeit von der Entfernung zur Referenzstation und der Anzahl der empfangenen Satelliten ausreichend lang gewählt werden. Folgende Mindestwerte können als Orientierungswerte dienen:

| Satellitenanzahl | Beobachtungsdauer | |
|---------------------|---|--|
| | Entfernung zur Referenzstation $\leq 12\text{km}$ | Entfernung zur Referenzstation $> 12\text{km}$ |
| ≥ 6 Satelliten | 10 Minuten | 15 Minuten |
| 5 Satelliten | 15 Minuten | 20 Minuten |

Das Ergebnis einer Messung ist die bei einer statischen GNSS-Messung ermittelte Koordinate in Lage und Höhe.

2.4 SAPOS® Online-Berechnungsdienst (SAPOS® GPPS-Pro)

Basierend auf der Berliner SAPOS®-Vernetzung bietet SAPOS®-GPPS-Pro eine automatisierte Auswertung von RINEX-Daten. Damit wird ein Geodatendienst zur Berechnung der Koordinaten aus eigenen GNSS-Beobachtungen (File-Upload im RINEX-Format) bereitgestellt. Das Ergebnis der Berechnung kann über einen Downloaddienst bezogen werden; die erzeugten Messprotokolle werden bei der für das Vermessungswesen zuständigen Senatsverwaltung im Land Berlin gesichert.

Da auf die gesamte Berliner SAPOS®-Vernetzung zurückgegriffen wird, dienen als Orientierungswerte für die Beobachtungsdauer unabhängig von der Entfernung folgende Mindestwerte:

| Satellitenanzahl | Beobachtungsdauer |
|---------------------|-------------------|
| ≥ 6 Satelliten | 10 Minuten |
| 5 Satelliten | 15 Minuten |

Das Messprotokoll enthält als Messergebnis geodätische und geozentrische Koordinaten bezogen auf das amtliche Lagereferenzsystem. Die Angaben der inneren Genauigkeit (Standardabweichung) sollten unter 0,001 m liegen.

2.5 Zulässige lineare Abweichung

Die Ergebnisse der zwei unabhängigen Messungen gemäß Nummer 4 Absatz 1 AV SAPOS® sollen linear um nicht mehr als 0,02 m voneinander abweichen. Werden die ebenen Koordinaten eines Anschlusspunktes durch mehr als zwei voneinander unabhängige Messungen bestimmt, so errechnen sich die Koordinaten des Anschlusspunktes als Mittelwert dieser unabhängigen Messungen. Die Standardabweichung des Mittelwertes m_p darf hierbei den Wert von +/- 0,012 m nicht überschreiten

$$m_p = \sqrt{\frac{[v_i v_i]}{n(n-1)}} \leq 0,012 \text{ m} \quad \text{mit} \quad v_i = \sqrt{(x_m - x_i)^2 + (y_m - y_i)^2}$$

x_m = Hochwert des Mittelwertes

y_m = Rechtswert des Mittelwertes

x_i = Hochwert der i-ten unabhängigen Messung

y_i = Rechtswert der i-ten unabhängigen Messung

n = Anzahl der unabhängigen Messungen

2.6 Protokoll für hoheitliche GNSS-Vermessungen mit SAPOS® in Berlin



Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen
 Abteilung III - Geoinformation
 Referat III B - Geodätische Referenzsysteme
 Fehrbelliner Platz 1, 10707 Berlin



Protokoll für hoheitliche GNSS Vermessungen mit SAPOS in Berlin

| | |
|---|---------------|
| Projektname: | Musterprojekt |
| Bezeichner: | Musterdatei |
| Name des verantwortlichen Ausführenden: | Mustermann |
| Datum der Protokollerstellung: | 27.09.2021 |
| Messverfahren: | SAPOS HEPS |

Allgemeine Daten zum Instrument

| | | |
|--|------------|------------|
| Instrumentenhersteller/-typ: | Hersteller | Hersteller |
| Seriennummer: | | |
| Antennentyp / Antennennummer: | | |
| Letzte Überprüfung des GNSS-Verm.-Syst.: | TT.MM.JJJJ | |

MUSTER

GNSS Messwerte im Koordinatensystem ETRS89/ETRF93

mit Korrekturdaten aus der Berliner SAPOS Vernetzung

| Punktnummer Session | Länge | Breite | Ellips Höhe | Ant. Höhe | SAT | PDOP | Datum | Uhrzeit | Status | Standardabw. (m) |
|------------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------|-----|------|----------|----------|--------|---------------------|
| 1A | 13°30'31.87817" | 52°34'53.81697" | 95.628 | 0.178 | 13 | 1.7 | 19.05.20 | 12:18:59 | Fixed | v:0.011 h:0.007 |
| 1A | 13°30'31.87822" | 52°34'53.81698" | 95.628 | 0.178 | 13 | 1.7 | 19.05.20 | 12:19:21 | Fixed | v:0.011 h:0.007 |
| 1A | 13°30'31.87827" | 52°34'53.81692" | 95.627 | 0.178 | 13 | 1.7 | 19.05.20 | 12:19:44 | Fixed | v:0.012 h:0.007 |
| | | | | | | | | | | |
| 1B | 13°30'31.87807" | 52°34'53.81679" | 95.635 | 0.178 | 13 | 1.4 | 19.05.20 | 12:38:31 | Fixed | v:0.010 h:0.006 |
| 1B | 13°30'31.87797" | 52°34'53.81680" | 95.635 | 0.178 | 13 | 1.4 | 19.05.20 | 12:38:51 | Fixed | v:0.010 h:0.007 |
| 1B | 13°30'31.87802" | 52°34'53.81684" | 95.634 | 0.178 | 13 | 1.4 | 19.05.20 | 12:39:08 | Fixed | v:0.010 h:0.007 |
| 1B | 13°30'31.87821" | 52°34'53.81693" | 95.638 | 0.178 | 15 | 1.2 | 19.05.20 | 12:53:15 | Fixed | v:0.010 h:0.007 |
| | | | | | | | | | | |
| 2A4G | 13°30'31.87778" | 52°34'53.81681" | 95.631 | 0.178 | 19 | 1.1 | 19.05.20 | 13:04:42 | Phase | v:0.007 h:0.005 |
| 2A4G | 13°30'31.87789" | 52°34'53.81676" | 95.630 | 0.178 | 19 | 1.1 | 19.05.20 | 13:05:21 | Phase | v:0.007 h:0.005 |
| 2A4G | 13°30'31.87788" | 52°34'53.81686" | 95.627 | 0.178 | 19 | 1.1 | 19.05.20 | 13:06:03 | Phase | v:0.007 h:0.005 |
| | | | | | | | | | | |
| 2B4G | 13°30'31.87802" | 52°34'53.81697" | 95.635 | 0.178 | 19 | 1.2 | 19.05.20 | 13:20:01 | Phase | v:0.008 h:0.005 |
| 2B4G | 13°30'31.87797" | 52°34'53.81695" | 95.635 | 0.178 | 19 | 1.2 | 19.05.20 | 13:20:18 | Phase | v:0.008 h:0.005 |
| 2B4G | 13°30'31.87797" | 52°34'53.81695" | 95.635 | 0.178 | 19 | 1.2 | 19.05.20 | 13:20:38 | Phase | v:0.008 h:0.005 |
| | | | | | | | | | | |
| 3A | 13°30'31.87824" | 52°34'53.81697" | 95.641 | 0.178 | 15 | 1.3 | 19.05.20 | 13:22:11 | Fixed | v:0.008 h:0.005 |
| 3A | 13°30'31.87831" | 52°34'53.81697" | 95.643 | 0.178 | 15 | 1.3 | 19.05.20 | 13:22:28 | Fixed | v:0.008 h:0.005 |
| 3A | 13°30'31.87823" | 52°34'53.81695" | 95.640 | 0.178 | 15 | 1.3 | 19.05.20 | 13:22:46 | Fixed | v:0.008 h:0.005 |
| | | | | | | | | | | |
| 4A4G | 13°30'31.87796" | 52°34'53.81703" | 95.628 | 0.178 | 19 | 1.2 | 19.05.20 | 13:26:08 | Phase | v:0.007 h:0.004 |
| 4A4G | 13°30'31.87793" | 52°34'53.81700" | 95.630 | 0.178 | 19 | 1.2 | 19.05.20 | 13:26:30 | Phase | v:0.007 h:0.004 |
| 4A4G | 13°30'31.87790" | 52°34'53.81700" | 95.630 | 0.178 | 19 | 1.2 | 19.05.20 | 13:26:55 | Phase | v:0.008 h:0.005 |
| | | | | | | | | | | |
| 3B | 13°30'31.87831" | 52°34'53.81708" | 95.632 | 0.178 | 15 | 1.4 | 19.05.20 | 13:35:15 | Fixed | v:0.007 h:0.004 |
| 3B | 13°30'31.87824" | 52°34'53.81705" | 95.633 | 0.178 | 15 | 1.4 | 19.05.20 | 13:35:35 | Fixed | v:0.007 h:0.004 |
| 3B | 13°30'31.87825" | 52°34'53.81702" | 95.634 | 0.178 | 15 | 1.4 | 19.05.20 | 13:35:51 | Fixed | v:0.007 h:0.004 |
| | | | | | | | | | | |
| 4B4G | 13°30'31.87778" | 52°34'53.81695" | 95.629 | 0.178 | 19 | 1.1 | 19.05.20 | 13:38:44 | Phase | v:0.009 h:0.005 |
| 4B4G | 13°30'31.87780" | 52°34'53.81696" | 95.630 | 0.178 | 19 | 1.1 | 19.05.20 | 13:39:03 | Phase | v:0.009 h:0.005 |
| 4B4G | 13°30'31.87787" | 52°34'53.81699" | 95.629 | 0.178 | 19 | 1.1 | 19.05.20 | 13:39:33 | Phase | v:0.009 h:0.005 |

Mittelbildung und Genauigkeit

GNSS Messwerte im System ETRS89/ETRF93 (UTM/Zone 33)

| Punktnummer Session | Rechtswert (East) | Hochwert (North) | Höhe (NNN) | Rechtswert (East) | Hochwert (North) | Höhe (NNN) |
|------------------------|---|------------------|------------|-------------------|------------------|------------|
| 1A | 33398967.025 | 5826774.659 | 56.639 | | | |
| 1A | 33398967.026 | 5826774.660 | 56.639 | | | |
| 1A | 33398967.026 | 5826774.658 | 56.638 | | | |
| | Arithmetisches Mittel Einzelsession | | | 33398967.026 | 5826774.659 | 56.639 |
| | $V_E / V_N / V_H$ zum arithm. Mittel der Einzelsession | | | -0.001 | -0.002 | 0.004 |
| | Lin. Abw. | | | 0.002 | | |
| 1B | 33398967.023 | 5826774.654 | 56.646 | | | |
| 1B | 33398967.021 | 5826774.654 | 56.646 | | | |
| 1B | 33398967.022 | 5826774.656 | 56.645 | | | |
| 1B | 33398967.025 | 5826774.658 | 56.649 | | | |
| | Arithmetisches Mittel Einzelsession | | | 33398967.023 | 5826774.655 | 56.647 |
| | $V_E / V_N / V_H$ zum arithm. Mittel der Einzelsession | | | 0.001 | 0.002 | -0.004 |
| | Lin. Abw. | | | 0.002 | | |
| 1 | Endgültiges arithm. Mittel der Koordinate d. Einzelpkt. | | | 33398967.024 | 5826774.657 | 56.643 |
| | Mittlerer Punktfehler | | | 0.002 | | |
| 2A4G | 33398967.017 | 5826774.655 | 56.642 | | | |
| 2A4G | 33398967.019 | 5826774.653 | 56.641 | | | |
| 2A4G | 33398967.019 | 5826774.656 | 56.638 | | | |
| | Arithmetisches Mittel Einzelsession | | | 33398967.018 | 5826774.655 | 56.641 |
| | $V_E / V_N / V_H$ zum arithm. Mittel der Einzelsession | | | 0.001 | 0.002 | 0.003 |
| | Lin. Abw. | | | 0.003 | | |
| 2B4G | 33398967.022 | 5826774.660 | 56.646 | | | |
| 2B4G | 33398967.021 | 5826774.659 | 56.646 | | | |
| 2B4G | 33398967.021 | 5826774.659 | 56.646 | | | |
| | Arithmetisches Mittel Einzelsession | | | 33398967.021 | 5826774.659 | 56.646 |
| | $V_E / V_N / V_H$ zum arithm. Mittel der Einzelsession | | | -0.001 | -0.002 | -0.003 |
| | Lin. Abw. | | | 0.003 | | |
| 2 | Endgültiges arithm. Mittel der Koordinate d. Einzelpkt. | | | 33398967.020 | 5826774.657 | 56.643 |
| | Mittlerer Punktfehler | | | 0.003 | | |
| 3A | 33398967.026 | 5826774.659 | 56.652 | | | |
| 3A | 33398967.027 | 5826774.659 | 56.654 | | | |
| 3A | 33398967.026 | 5826774.659 | 56.651 | | | |
| | Arithmetisches Mittel Einzelsession | | | 33398967.026 | 5826774.659 | 56.653 |
| | $V_E / V_N / V_H$ zum arithm. Mittel der Einzelsession | | | 0.000 | 0.001 | -0.004 |
| | Lin. Abw. | | | 0.001 | | |
| 3B | 33398967.027 | 5826774.663 | 56.643 | | | |
| 3B | 33398967.026 | 5826774.662 | 56.644 | | | |
| 3B | 33398967.026 | 5826774.661 | 56.645 | | | |
| | Arithmetisches Mittel Einzelsession | | | 33398967.026 | 5826774.662 | 56.644 |
| | $V_E / V_N / V_H$ zum arithm. Mittel der Einzelsession | | | -0.000 | -0.001 | 0.004 |

| Punktnummer Session | Rechtswert (East) | Hochwert (North) | Höhe (NRN) | Rechtswert (East) | Hochwert (North) | Höhe (NRN) |
|--|---|------------------|------------|-------------------|------------------|------------|
| 3 | Lin. Abw. | | | 0.001 | | |
| | Endgültiges arithm. Mittel der Koordinate d. Einzelpkt. | | | 33398967.026 | 5826774.661 | 56.648 |
| | Mittlerer Punktfehler | | | 0.001 | | |
| | | | | | | |
| 4A4G | 33398967.021 | 5826774.661 | 56.639 | | | |
| 4A4G | 33398967.020 | 5826774.661 | 56.641 | | | |
| 4A4G | 33398967.020 | 5826774.661 | 56.641 | | | |
| Arithmetisches Mittel Einzelsession | | | | 33398967.020 | 5826774.661 | 56.641 |
| $V_E / V_N / V_H$ zum arithm. Mittel der Einzelsession | | | | -0.001 | -0.001 | 0.000 |
| Lin. Abw. | | | | 0.001 | | |
| 4B4G | 33398967.017 | 5826774.659 | 56.640 | | | |
| 4B4G | 33398967.018 | 5826774.659 | 56.641 | | | |
| 4B4G | 33398967.019 | 5826774.660 | 56.640 | | | |
| Arithmetisches Mittel Einzelsession | | | | 33398967.018 | 5826774.659 | 56.641 |
| $V_E / V_N / V_H$ zum arithm. Mittel der Einzelsession | | | | 0.001 | 0.001 | 0.000 |
| Lin. Abw. | | | | 0.001 | | |
| 4 | Endgültiges arithm. Mittel der Koordinate d. Einzelpkt. | | | 33398967.019 | 5826774.660 | 56.641 |
| | Mittlerer Punktfehler | | | 0.001 | | |
| | | | | | | |

Grau hinterlegte Felder haben die Fehlergrenze nach der AV SAPOS nicht ein.
Zul. Lineare Abweichung ≤ 2 cm, dies entspricht einem mittl. Punktfehler von ≤ 12 mm.

MUS

amtliche Koordinaten im System ETRS89/ETRF93 (UTM/Zone 33)

| Punktnummer | Rechtswert (East) | Hochwert (North) | Höhe (MHN) |
|-------------|-------------------|------------------|------------|
| 1 | 33398967.024 | 5826774.657 | 56.643 |
| 2 | 33398967.020 | 5826774.657 | 56.643 |
| 3 | 33398967.026 | 5826774.661 | 56.648 |
| 4 | 33398967.019 | 5826774.660 | 56.641 |

Koordinaten im System Soldner Berlin (Netz88)

| Punktnummer | Rechtswert (East) | Hochwert (North) | Höhe (MHN) |
|-------------|-------------------|------------------|------------|
| 1 | 32098.562 | 28296.179 | 56.643 |
| 2 | 32098.557 | 28296.179 | 56.643 |
| 3 | 32098.564 | 28296.183 | 56.648 |
| 4 | 32098.557 | 28296.182 | 56.641 |

MUSTER