

# Geodätische Referenzsysteme in Berlin

## Realisierung durch SAPOS® und GGP

Detlef Hardel

### Georeferenzierung

Unsere Gesellschaft benötigt raumbezogene Informationen in vielfältiger und verlässlicher Weise. Diese Informationen müssen zum Zweck der universellen Anwendung mit einem eindeutigen Bezug zur Position auf der Erde ausgestaltet sein. Um diese Forderung zu erfüllen, ist eine möglichst ganzheitliche Infrastruktur zur praxisgerechten Georeferenzierung nach Lage, Höhe, Schwere und mit zeitlichem Bezug aufzubauen und vorzuhalten. Erst durch den einheitlichen Raumbezug wird es möglich, die Informationen und Daten der verschiedenen Fachdisziplinen zusammenzuführen, zu analysieren und darzustellen. Der einheitliche Raumbezug ist für den Aufbau einer Geodateninfrastruktur durch den Bund und durch die Bundesländer daher von besonderer Bedeutung. Nur durch eine amtliche Betreuung dieser Geobasisdaten sind dauerhafte Verlässlichkeit und gesicherte Verfügbarkeit des Raumbezugs gewährleistet. Der Raumbezug der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) wird durch ein bundeseinheitliches, homogenes Festpunktfeld realisiert, das länderspezifisch verdichtet werden kann. Das bundeseinheitliche Festpunktfeld besteht aus Geodätischen Grundnetzpunkten (GGP), Höhenfestpunkten, Schwerefestpunkten und Globalen Navigationssatellitensystem- (GNSS-) Referenzstationspunkten. Je nach länderspezifischen Gegebenheiten und Anforderungen wird dieses bundesweite einheitliche Festpunktfeld durch weitere Festpunkte verdichtet

Zeittafel Landesvermessung Berlin	
1837- 1846	Küstenvermessung und Verbindung mit der Berliner Grundlinie
1859	Preußischen Landesaufnahme, Ellipsoid von Müffling
25.10 1881	Festlegung des geodätischen Datums Zentralpunkt TP Rauenberg
1884	Besselellipsoid
1884	Netzverdichtung II O.
1876/77	städtischen Triangulation der Innenbezirke Berlins
-1888	Netzverdichtung II und IV O
1921- 1924	Neuvermessung der TP's Großberlin ca 300 Punkte
1890-1930	Entstehung städtischer trigonometrische Netze
1948	18. Soldnersystem Landeskoordinatensystem
22. Juni 1951	Gutachten Dr. Ing. Hunger, Beibehaltung Soldner
1948-1971	Feinpolygonzugsmessungen Berlin West
1950 - 1963	einstufiges Grundlagepolygonnetz Berlin Ost
1955/1969	Trigonometrisches Netz TU Berlin, Grundlagenetz
1963 - 1983	Integration in das staatliche Trigonometrische Netz (STN) GK Krassowski
1970	Beginn neues Lagefestpunktfeld
1987	1. Berliner GPS Kampagne zur Verbesserung des Lagenetzes
1988	Übergeordnete Lagenetz festgelegt Netz88
1989	EUREF89 Hierarchiestufe A
1991	DREF91 Hierarchiestufe B
1992	Übergeordnete Lagenetz Netz88 festgelegt für ganz Berlin
1996	BEREF Hierarchiestufe C
1998	erster Regelbetrieb der Online-Vernetzung von SAPOS® - Referenzstationen
2002	Vollausbau von SAPOS® - (flächendeckende Produktion)
2006/2007	Aufgabe des konventionellen Festpunktfeldes
2008	Geodätisches Grundnetz Deutschland
2009/2010	Geodätisches Grundnetz Berlin

### Einheitlicher Raumbezug

Gemäß der von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (AdV) beschlossenen Strategie für einen einheitlichen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens bilden die Referenzstationspunkte der SAPOS - Dienste eine tragende Säule des bundeseinheitlichen und homogenen Festpunktfeldes. Gleichzeitig wird mit dem Aufbau der GGP und der

Integration der SAPOS - Referenzstationen ein qualitativ hochwertiger, redundanter und dauerhafter Raumbezug (Lage/Höhe/Schwere) gewährleistet. Dies ist für Politik, Recht und Wirtschaft von enormer Bedeutung, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass im Krisen- oder Katastrophenfall, die GNSS nicht mehr genutzt werden können. Es muss also sichergestellt werden, dass der Raumbezug auch dann noch bereitgestellt werden kann, wenn die Navigationssatellitensysteme ausfallen.

Der Aufbau des europäischen Satellitennavigationssystems Galileo wird die Situation nicht grundlegend ändern. Zwar wird Galileo im Gegensatz zu GPS und GLONASS nicht militärisch kontrolliert, trotzdem können eine Störung der Satellitensignale oder gar eine Zerstörung oder Abschaltung des System nicht ausgeschlossen werden.

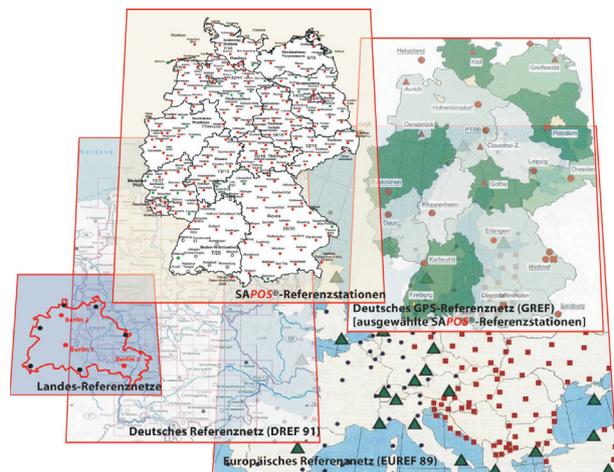


Abb. 1: Geodätische Referenzsysteme

### EFRE Projekt Geodätisches Grundnetz Berlin

Bis 31.12.2006 wurden die amtlichen geodätischen Bezugsgrundlagen der Lage in Berlin durch Lagefestpunktfelder und zusätzlich durch das SAPOS-Referenzstationssystem realisiert. Seit dem 01.01.2007 wird der Lagebezug amtlicher Vermessungen ausschließlich über das SAPOS-Referenzstationssystem repräsentiert und zusätzlich durch die Berliner GGP gesichert.

Das Geodätische Grundnetz Berlin ist mit insgesamt 150 Punkten in drei Genauigkeitsstufen konzipiert:

- Die höchste Genauigkeitsstufe besteht aus sechs aufwändig hergestellten Pfeilern und den drei Berliner Referenzstationen. Diese GGP wurden in einer großen bundesweiten GNSS-Kampagne 2008 bereits gemessen und werden zurzeit ausgewertet.
- Die zweite Genauigkeitsstufe umfasst 41 Punkte. Diese wurde durch externe Dienstleister mittels hochpräziser GNSS Mes-

sungen im ETRS89 im Herbst 2009 unter Einhaltung der Kriterien der AdV-Richtlinie bestimmt.

- Die dritte Genauigkeitsstufe wird dieses Jahr 2010 realisiert. Ca. 100 Punkte von ausgewählten Punkten des bis Ende 2006 amtlichen Übergeordneten Lagefestpunktfeldes (ÜL) sollen den homogenen Übergang zwischen den alten Lagefestpunktfeldern und dem Geodätischen Grundnetz gewährleisten.

Die zweite und dritte Genauigkeitsstufe werden durch das Projekt Geodätisches Grundnetz Berlin geschaffen und mit Hilfe von EFRE-Mitteln für den Aufbau der GDI Berlin in 2009 und 2010 gefördert.

Die Messungen werden durch Personal der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin ausgewertet, um eine durchgreifend einheitliche Qualität mit einheitlichen Auswerteprozessen zu garantieren. Im Ergebnis werden dreidimensionale Koordinaten im ETRS 89 für die GGP vorliegen.

in Berlin wurde 2006 ein SAPOS - Messprotokoll entsprechend den in der Ausführungsvorschrift SAPOS genannten Anforderungen in Auftrag gegeben.

Das Programm verarbeitet die firmenabhängig unterschiedlichen Daten der bei den Berliner Vermessungsstellen im Einsatz befindlichen GNSS-Geräte (Geräte der Firmen Leica, Topcon und Trimble). In Gesprächen mit Firmenvertretern wurde die Vorgehensweise bei der Protokollerstellung erläutert und es konnten die Programminstallation in den Geräten bzw. Infoveranstaltungen zum Thema Protokollerstellung abgestimmt werden.

Wesentliche Ziele, die durch die Nutzung eines einheitlichen Messprotokoll erreicht wurden, sind u.a.:

- Die einzelnen Vermessungsstellen müssen nicht in Eigenregie Protokolle programmieren, die die in der AV SAPOS - definierten Anforderungen erfüllen.

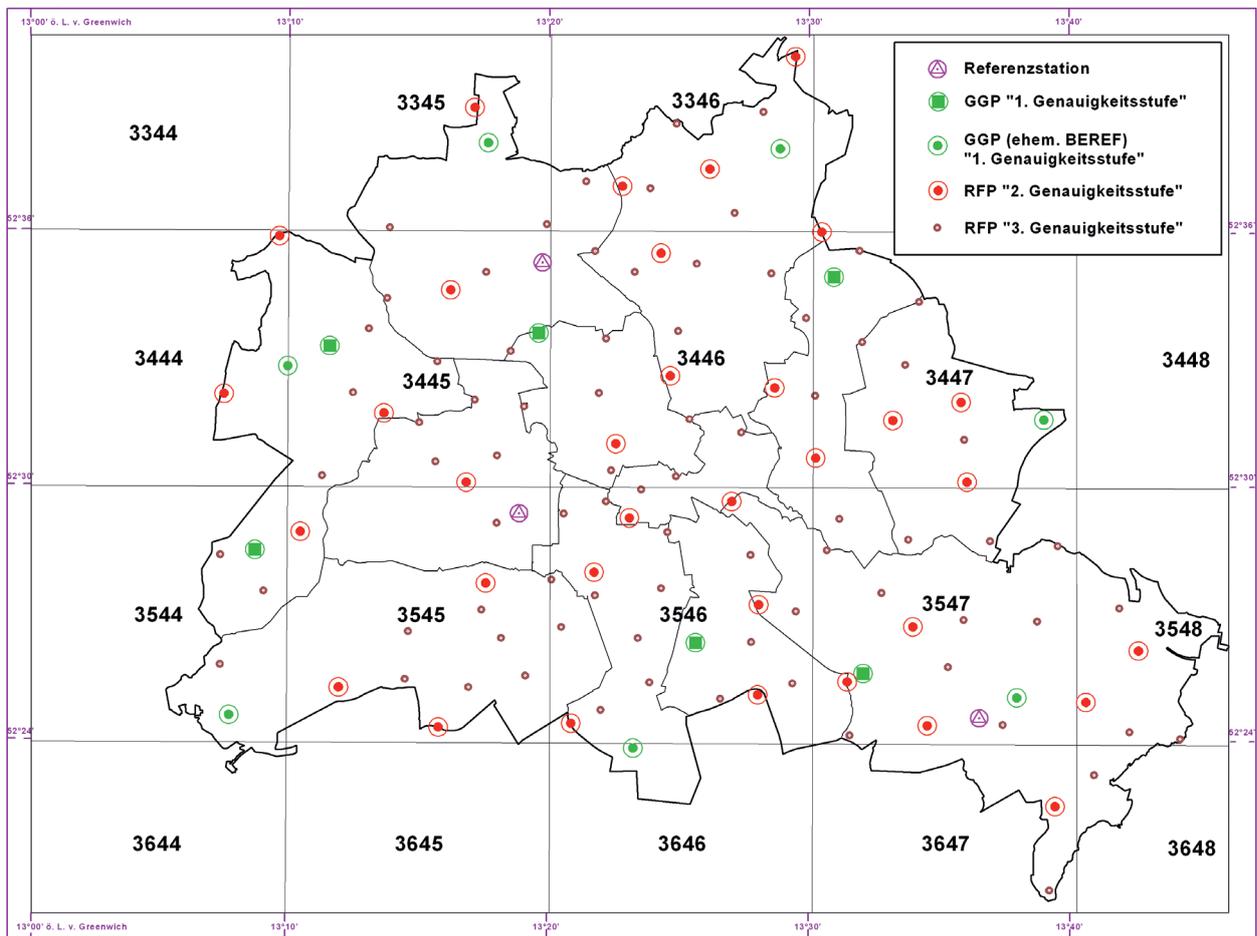


Abb. 2: Übersichtskarte von Berlin über die Geodätischen Grundnetz Punkte (GGP) und die nachgeordneten Raumfestpunkte (RFP)

### SAPOS - Berlin aktueller Stand

Einheitliches Messprotokoll für Berliner Vermessungsstellen

Mit der Abkehr von konventionellen Lagenetzen und ausschließlicher Nutzung von SAPOS für die amtliche Vermessung

- Die Auswertung der Unterlagen wird erleichtert, insbesondere bei Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen in den bezirklichen Vermessungsstellen, die Unterlagen aus verschiedensten Quellen sichten.

Das Messprotokoll fasst alle wesentlichen Daten der GNSS-

Messungen in übersichtlicher Form zusammen, u.a. Angaben zu Instrument, Projekt, Beobachter, Datum, Uhrzeit, originäre Messwerte. Die Software berechnet die Mittelwerte der einzelnen Sessions und die endgültigen Koordinaten der einzelnen

In Absprache mit der AdV in den Gremien, AK Raumbezug und Plenum, werden durch Festlegung von technischen Standards und Qualitätsvorgaben eine hohe Einheitlichkeit Deutschlandweit erreicht. Die Qualität wird fortwährend in unterschied-

Projekt: 1275-43626 Seite 1 von 2

**Bezirksamt Reinickendorf von Berlin**  
 Abteilung Bauwesen und Sport  
 Fachbereich Vermessung  
 Eichhorndamm 215-238, 13437 Berlin

**Protokoll für amtliche GNSS SAPOS Vermessungen mit SAPOS in Berlin**

Projektname: 1275-43626

Beobachter: GORGAS  
 Datum: 04.12.2008

Instrumentenhersteller: Topcon  
 Instrumententyp: Hiper+  
 Seriennummer: 8PXUWPZF28

Antennentyp: Hiper+  
 Antennennummer: 8PXUWPZF28

**GNSS Messwerte im Koordinatensystem ETRS89/ETRF93**  
 mit Korrekturdaten der Berliner Ref.-Stat. 896 (im Störfall 897) mit FKP oder VRS

Punktnummer	Länge	Breite	Ellips. Höhe	Ant. Höhe	SAT	PDOP	Uhrzeit	Status	Standardabw. (m)
1275-A	13°19'58" / 37507	52°36'54" / 18173	77.528	1.890	10+0	1.560	09:12:25	Fixed	v:0.008 h:0.008
1275-A	13°19'58" / 37509	52°36'54" / 18172	77.536	1.890	10+0	1.558	09:11:52	Fixed	v:0.008 h:0.007
1275-A	13°19'58" / 37531	52°36'54" / 18183	77.525	1.890	10+0	1.556	09:11:56	Fixed	v:0.008 h:0.007
1275-A	13°19'58" / 37523	52°36'54" / 18182	77.532	1.890	10+0	1.553	09:10:31	Fixed	v:0.009 h:0.008
1275-A	13°19'58" / 37529	52°36'54" / 18209	77.531	1.890	10+0	1.551	09:09:56	Fixed	v:0.008 h:0.007
1275-B	13°19'58" / 37563	52°36'54" / 18152	77.563	1.959	7+0	2.404	10:00:49	Fixed	v:0.010 h:0.011
1275-B	13°19'58" / 37486	52°36'54" / 18144	77.533	1.959	7+0	2.360	09:54:32	Fixed	v:0.011 h:0.012
1275-B	13°19'58" / 37506	52°36'54" / 18151	77.521	1.959	7+0	2.385	09:38:53	Fixed	v:0.015 h:0.025

Grau hinterlegte Felder sind nicht in der Berechnung mit übernommen.

Abb. 3: Beispielausdruck des aktuellen Messprotokolls

Punkte im amtlichen Landeskoordinatensystem jeweils mit Angabe ihrer linearen Abweichung bzw. des mittleren Punktfehlers. Das Programm zur Protokollerstellung wurde allen Berliner Vermessungsstellen im Februar 2007 kostenfrei zur Verfügung gestellt und hat sich bewährt.

Zur Zeit wird dieses Protokoll mit Umstellung auf HTML -Druckausgabe und Wegfall des Wasserzeichens ergänzt.

**Redundanzkonzept des SAPOS - Dienstes in Berlin**

SAPOS ist rückblickend betrachtet aus den Kinderkrankheiten herausgewachsen und hat seinen festen Platz zur Realisierung des Raumbezuges eingenommen.

lichster Weise statistisch ausgewertet und im Vergleich zu und mit den anderen Bundesländern intern geprüft, z.B.: Koordinatenmonitoring, Datenverfügbarkeit u.a. Der SAPOS - Dienst Berlin hat sich seit Anbeginn um hohe Qualität bemüht und diese gesichert. Seit 1999 wurde zusammen mit Einführung einer Rufbereitschaft ein Qualitätszirkel eingerichtet, um mit der rasanten technischen Entwicklung Schritt zu halten. 2009 wurden die analogen Standleitungen gekündigt. Damit musste ein neues Redundanzkonzept erstellt werden, das nachfolgend kurz skizziert wird.

Der SAPOS -Dienst in Berlin verfügt seit Jahren über ein realisiertes Redundanzkonzept, welches doppelte Leitungen, doppelte Prozessrechner, verschiedene Abgabemedien und eine 24 h Rufbereitschaft beinhaltet. Somit kann bereits jetzt eine Verfügbarkeit unseres Systems von 99% gewährleistet werden.

Um eine höchstmögliche Verfügbarkeit bei der zentralen Abgabe zu erzielen, nutzen wir folgende Kommunikationswege zur Zentralen Stelle SAPOS - in Hannover:

- Alle Referenzstationen wurden im letzten Jahr mit S-DSL bzw. A-DSL Anschlüssen ausgestattet. Somit stehen auf allen Berliner Referenzstationen Empfängerrohdaten an einer Internetschnittstelle bereit. Diese werden als primärer Datenstrom von der Zentralen Stelle oder von möglichen Großkunden direkt via TCP empfangen.
- Für die Berliner SAPOS -Vernetzung werden die Referenzstationsdaten über ein VPN zur Berliner SAPOS -Zentrale gesendet. Hier stehen neben den verschiedenen Abgabemöglichkeiten über GSM, Ntrip-Caster, 2m-Funk, RDS-RASANT und Rinex-Web-Server auch noch der bewährte Datenübertragungsweg zur Zentralen Stelle über DOI (TESTA) zur Verfügung.
- Sollte es zu einem Internetausfall einzelner Stationen kom-

Projekt: 1275-43626 Seite 2 von 2

**Koordinaten im System Soldner Berlin (Netz88)**

Punktnummer	Rechtswert (X)	Hochwert (Y)	Höhe (NNH)	VY	Vx	VH	Lin. Abw. (m)
<b>GNSS Messwerte in System Soldner Berlin (Netz 88)</b>							
1275-A	19244.739	32054.722	38.352				
1275-A	19244.740	32054.720	38.350				
1275-A	19244.744	32054.724	38.353				
1275-A	19244.743	32054.723	38.356				
1275-A	19244.744	32054.732	38.355				
1275-B	19244.738	32054.714	38.357				
1275-B	19244.735	32054.724	38.357				
1275-B	19244.739	32054.714	38.345				
<b>arithm. Mittelwerte der einzelnen Session</b>							
1275-A	19244.742	32054.724	38.352	-0.005	0.004	0.002	
1275-B	19244.741	32054.717	38.353	0.000	-0.003	-0.004	0.002
<b>Endgültige arithm. Mittel der Koordinaten der Einzelpunkte</b>							
1275	19244.742	32054.722	38.352				0.003

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

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

Punktnummer	Rechtswert (East)	Hochwert (North)	Höhe (NNH)
<b>Endgültige arithm. Mittel der Koordinaten der Einzelpunkte</b>			
1275	33266399.416	5830776.239	38.352

Abb. 4: Beispielausdruck des aktuellen Messprotokolls



men, werden die Referenzstationsdaten automatisch über eine Modemwählverbindung bzw. über das Landesdatennetz zur Berliner Zentrale gesendet. Somit ist auch bei einem Ausfall der primären Datenleitung immer eine Datenabgabe gesichert. Anliegende Datenströme und Datenschnittstellen werden durch Alarmierungsprogramme überwacht, viele Probleme werden vom System automatisiert behoben und der Rufbereitschaft durch SMS per Mobilfunktelefon mitgeteilt.

- Die Berliner Vernetzungsrechner sind gedoppelt und überwachen sich gegenseitig. Dem Nutzer stehen verschiedene Echtzeit- und Postprocessingdienste zur Verfügung, so dass ein kontinuierliches Arbeiten mit SAPOS immer gewährleistet ist.

Es gibt eine Rufbereitschaft (24 h / 7 Tage in der Woche), welche im Störfall für eine Fehlerbeseitigung sorgt. Die automatisierte Benachrichtigung der Rufbereitschaft wird durch zwei unabhängige Monitorstationen realisiert.

### Erweiterung des SAPOS Service in Berlin

SAPOS-Dienst RINEX-Postprocessing-Service Online (SSRPost) State Space Representation (SSR)

SSRPost bietet eine automatisierte Auswertung von Rinex-Daten, basierend auf der Berliner SAPOS-Vernetzung, durch die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin an. Dieser Ansatz wird als Precise Point Positioning-RTK (PPP-RTK) bezeichnet. Vom Nutzer werden zur Berechnung der Koordinaten lediglich GNSS-Beobachtungen im RINEX-Format benötigt, die er via Internet an die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin übermittelt. Für GPPS-Nutzer bietet das Verfahren eine Alternative zur nutzerseitigen Postprocessingauswertung. Den HEPS-Nutzer unterstützt es, wenn bei der Echtzeitpositionierung Probleme mit dem Korrekturdatenempfang auftreten (z. B. auf Grund einer schlechten Mobilfunkverbindung). Dann kann er auf eine statische Beobachtung ausweichen und die aufgezeichneten Daten nachträglich mittels SSRPost auswerten lassen.

Die Koordinatenergebnisse beziehen sich auf das amtliche Koordinatenreferenzsystem ETRS89.

Tests haben gezeigt, dass bereits mit statischen Beobachtungszeiten von 5 Minuten (auf abschattungsfreien Standpunkten), Genauigkeiten besser 1 cm bei der Lage- und 1 – 2 cm bei der Höhenbestimmung erreicht werden. Dies ist möglich, da SSRPost nicht nur einzelne Basislinien auswertet, sondern auf die gesamten Berliner SAPOS-Netzinformationen zurückgreift und somit eine Netzausgleichung für jeden Standpunkt durchführt. Das SSRPost befindet sich bei uns in einer Testphase, nach eingehender Prüfung und Analyse wird der Dienst freigegeben und angeboten.

### Berliner GNSS-Landeskalibriereinrichtung und Prüffeld für GNSS-Equipment

Berlin hat die Bereitstellung von technischen Einrichtungen für die Kalibrierung, Überprüfung und Justierung von vermessungstechnischen Gerätschaften um Komponenten für GNSS-Antennen und GNSS-Roversysteme erweitert. Damit wurde

einerseits das durch den Umbau des Olympiastadions unbrauchbar gewordene GNSS-Antennen-Kalibrierfeld durch moderne Technik ersetzt. Andererseits bietet das neu geschaffene Prüffeld eine geeignete Plattform um die Genauigkeit insbesondere von GNSS-Roversystemen zu bestimmen, die für Vermessungen eingesetzt werden. Das Gesamtsystem der robotergestützten GNSS-Antennenkalibrierungsanlage wurde von der Firma Geo++ entwickelt.

Mit dem Roboter werden Phasenzentrumsvariationen (PCV) für kurzezeit GPS und GLONASS im Verfahren der absoluten Antennenkalibrierung hochpräzise bestimmt. Zudem lassen sich auch Multipatheinflüsse im Nahfeld von z. B. Referenzstations- oder ingenieurgeodätisch genutzten Antennen durch Simulation ermitteln.

Das Prüffeld mit einer maximal nutzbaren Ausdehnung von ca. 560 m dient der Bestimmung der „Bruttofehler“ mobiler GNSS-Roversysteme, welche letztlich nicht nur die Fehler der technischen Ausrüstung, sondern auch die Einflüsse der Mitarbeiter/innen erfasst. Aus den Ergebnissen einer Prüfung lassen sich unter anderem auch die Genauigkeiten von Flächenbestimmungen für das Kataster und der verwendeten Koordinatentransformation ermitteln.

### Internetadressen:

zu SAPOS

<http://www.sapos.de>

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/sapos/index.shtml>

zu Landeskalibriereinrichtung

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/landesvermessung/landeskalibriereinrichtung>



Abb. 5: Dach des Dienstgebäudes Württembergische Straße, Zentrale SAPOS Berlin und Antennenkalibriereinrichtung