

- Die prognostizierten HEPS-Genauigkeiten von bis zu 5 cm für die Punktgenauigkeiten konnten bestätigt werden.
- Die Nutzung der Flächenkorrekturparameter zur Genauigkeitssteigerung ist eine zwingende Notwendigkeit.
- Die durch die LEICA Controller-Software ausgegebene Systemgenauigkeit (Lage) entspricht den real nachgewiesenen Genauigkeiten.
- Die Genauigkeit der Punktbestimmung mit HEPS entspricht den Forderungen der VVLiegVerm; bei Nutzung von GSM ist eine praxisrelevante Verfügbarkeit gewährleistet (86%).

### Gesamteinschätzung

Mit Inbetriebnahme der permanent betriebenen und für eine multifunktionale Nutzung ausgelegten SAPOS®-Referenzstationen steht dem Anwender ein Dienst bereit, welcher es ihm ermöglicht, zuverlässig, orts- und zeitunabhängig und sehr effizient mit entsprechender Genauigkeit in Real Time Georeferenzierungen auf das amtliche Lagebezugssystem vornehmen zu können. Damit hat das Land Brandenburg die Voraussetzungen geschaffen, dass alle Geodaten, insbesondere die Geobasisdaten des

Liegenschaftskatasters, in einem qualitativ einheitlichen geodätischen Raumbezug gewonnen und abgebildet werden können.

In der Gebühr für die Zusammenstellung der Vermessungsunterlagen für Liegenschaftsvermessungen sind die SAPOS®-Daten enthalten. Die Investition einer eigenen temporären Referenzstation entfällt. Dringend notwendig ist die Verbesserung der Zugangsmöglichkeiten zum Mobilfunk (Erhöhung der Anzahl der Mobilfunknummern), da sich der 2m-Funk zur Datenübertragung als nicht praxisrelevant gezeigt hat.

### Literatur:

- AdV: Marksteine zu SAPOS®, Vorträge des 4. SAPOS®-Symposiums 2002, S. 2 ff
- Bauer, M.: Vermessung und Ortung mit Satelliten, Wichmann Verlag Heidelberg, 4. Auflage 1997
- Stoy, M.: Untersuchungen zur ständigen Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von GPS-Echtzeitdaten für den SAPOS®-HEPS Dienst, Diplomarbeit 2002, unveröffentlicht
- Sorge, B.: SAPOS®-Referenzstationen in Brandenburg, Vermessung Brandenburg, 2/2000, S. 64 ff

Gunter Rodemerk

## Die Nutzung von SAPOS® bei Liegenschaftsvermessungen in Brandenburg

Die Festsetzung des einheitlichen Bezugssystems ETRS89 mit der Abbildungsvorschrift UTM und der Anschlusszwang aller Liegenschaftsvermessungen in Brandenburg an dieses System war eine zukunftsweisende Entscheidung, deren Nutzen sich schon jetzt in der Praxis gezeigt hat. Dies ist unter anderem die Grundvoraussetzung

zum Aufbau von Geoinformationssystemen und deren moderner Nutzung mit GPS für eine breite Anwenderschaft.

Auch wenn noch hinsichtlich des Umgangs mit der UTM-Abbildungsvorschrift Aufklärungsbedarf bei den Geodatennutzern außerhalb des Vermessungswesens besteht, hat sich die Einheitlichkeit des Be-

zugssystem selbst bei technischen Vermessungen bewährt.

Die Einführung von **SAPOS**<sup>®</sup> steht im unmittelbaren Zusammenhang zum Bezugssystem ETRS89. Nach kurzer Einführungszeit sind alle **SAPOS**<sup>®</sup>-Anwender von der Effektivität der schnellen, dreidimensionalen Koordinatenbestimmung begeistert.

Nach einem Jahr **SAPOS**<sup>®</sup>-Nutzung in meinem Büro möchte ich einige praktische Erfahrungen mitteilen und somit zur Diskussion anregen. Insbesondere zu den unterschiedlichen Genauigkeitsangaben scheint dies angebracht zu sein.

Zum Einsatz kam das System LEICA SR 530 im Echtzeitverfahren unter Verwendung der Flächenkorrekturparameter, Datenübertragung über GSM. Mit 2 m-Funk kann keine Praxistauglichkeit bescheinigt werden.

Im Übrigen favorisiere ich ausschließlich die Echtzeitvariante, nur diese bringt ein Optimum an Flexibilität und keine nachträglichen Büroarbeiten. Die Verfügbarkeit war im 60-km-Raum um Potsdam sehr gut, alle Messungen kamen, günstige Standpunkte vorausgesetzt, zu Lösungen.

### **Genauigkeitsuntersuchung**

Alle nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich auf die mit **SAPOS**<sup>®</sup> bestimmte Anschlussbasis von mindestens zwei Punkten (VVLiegVerm, Anhang 4, Punkt 3.2) für eine durchschnittliche Liegenschaftsvermessung mit einer Objektausdehnung von ca. 200 m.

Bei fehlendem Festpunktnetz ist die Kombination der **SAPOS**<sup>®</sup>-Punktbestimmung mit nachfolgendem tachymetrischen Aufmaß das Standardverfahren bei Liegenschaftsvermessungen. Die effektivste und einfachste Methode zur Einschätzung der Genauigkeit ist der Vergleich, der aus

**SAPOS**<sup>®</sup>-Koordinaten berechneten Strecken mit den reduzierten Strecken der EDM-Anschlussmessung. Die Strecken für diesen Vergleich fallen bei jeder Aufmessung an. Die hohe Streckengenauigkeit kalibrierter EDM-Geräte (Standardabweichung 2 - 5 mm) erlaubt diese Strecken im Vergleich als fehlerfrei zu betrachten, wenn man bedenkt, dass für das **SAPOS**<sup>®</sup>-Echtzeitverfahren Lagestandardabweichungen von 20 - 50 mm angegeben werden. Diese Betrachtungsweise wird dadurch bestärkt, dass bei einer Gewichtung der Messverfahren die Quadrate der Abweichungen maßgebend sind.

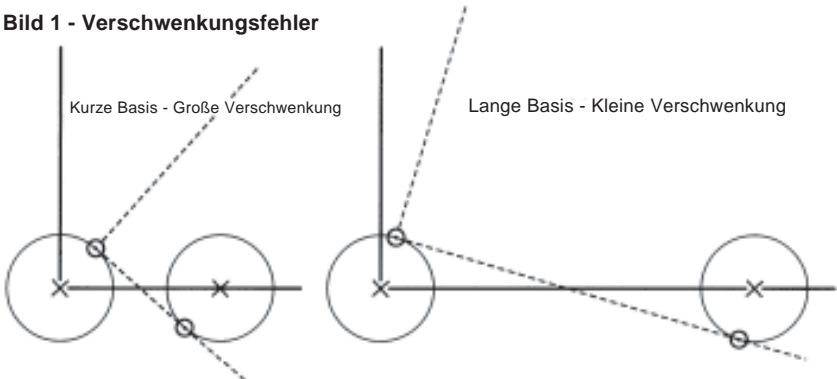
Für alle Objekte mit **SAPOS**<sup>®</sup>-Punktbestimmung wurden die Ergebnisse der Streckenvergleiche erfasst. Die Auswertung ergab, dass die Streckendifferenzen in Abhängigkeit von der Entfernung zur Referenzstation im Bereich 20 - 50 mm lagen. Es wurde immer die am nächsten liegende Station benutzt (hier meistens Potsdam, Belzig oder Brandenburg). Die Streckenabweichungen innerhalb eines Messungsobjekts ließen keinen systematischen Charakter erkennen.

### **Schlussfolgerungen für die Messanordnung**

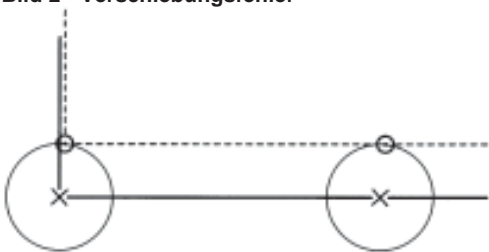
Die absolute Lagegenauigkeit des **SAPOS**<sup>®</sup>-Verfahrens dürfte deutlich über der von herkömmlichen Netzen liegen, ist praktisch jedoch kaum nachweisbar. Der relative Streckenfehler von nahegelegenen **SAPOS**<sup>®</sup>-Punkten einer Liegenschaftsvermessung ist gegenüber herkömmlichen, terrestrisch bestimmten Festpunkten jedoch erheblich größer. So kann man beispielsweise einen Nachbarschaftsfehler von 5 mm auf 100 m (1 : 20 000) bei terrestrischen Netzen, und von 30 mm auf 100 m (1 : 3 333) bei **SAPOS**<sup>®</sup>-Punkten gegenüberstellen.

# Die Wirkung ausgewählter Fehlerkonfigurationen an einer SAPOS®-Basis

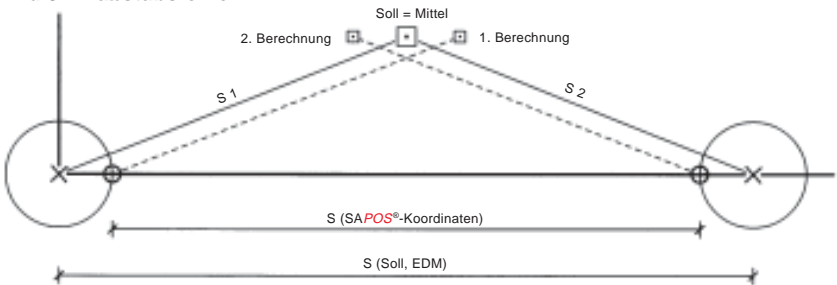
**Bild 1 - Verschwenkungsfehler**



**Bild 2 - Verschiebungsfehler**



**Bild 3 - Maßstabsfehler**



## Zeichenerklärung

- SAPOS®    X    Fehlerfreie Koordinate
- O    SAPOS®-Koordinate (mit zufälligem Fehler behaftet)
- Objektpunkt    □
- Fehlerbereich

Allein diese Tatsache verlangt konsequenter denn je die Umsetzung des geodätischen Grundprinzips „vom Großen ins Kleine“. Das heißt, dass jeder Lageanschluss mit **SAPOS®** über eine ausreichende Basislänge verfügen muss. Die zu bestimmenden Objektpunkte sollten immer innerhalb der **SAPOS®**-Basis liegen. Im Umkehrschluss sollten niemals von einer kurzen Basis aus weit außenliegende Objektpunkte bestimmt werden.

### **Kontrolle der Messungsergebnisse**

Im Wissen um den erhöhten relativen Punktfehler der **SAPOS®**-Punkte gegenüber terrestrischen Netzpunkten ist das Aufmaß der Objektpunkte so vorzunehmen, dass die Wirkungen des Zusammentreffens dieser Punktfehler ausgeschaltet bzw. minimiert werden.

Die zufälligen Lagefehler der Punkte einer lokalen **SAPOS®**-Basis lassen sich in ihren Auswirkungen auf den Lageanschluss eines Objekts in drei Komponenten zerlegen:

- **Verschwenkungs-komponente (Bild 1)**  
Das Zusammenwirken der Lageabweichungen ist in dieser Konfiguration am gefährlichsten, da man dies nicht bemerkt. Es kommt immer zu einer Verschwenkung des Koordinatensystems. Verringern lässt sich die Fehlerwirkung nur durch lange Basislinien und innerhalb der Basis liegende Objektpunkte. Bei außerhalb der Basis liegenden Objektpunkten vergrößert sich der Fehler proportional zur Strecke!
- **Verschiebungskomponente (Bild 2)**  
Die Auswirkung dieser Fehlerkonfiguration bemerkt man ebenfalls nicht, jedoch kommt es beim Aufmaß von Objekten nicht zu einer entfernungsabhängigen Vergrößerung des Fehlers.

- **Maßstabskomponente (Bild 3)**

Diese Fehlerkombination ist am besten zu erkennen und zu eliminieren, wenn nach der **SAPOS®**-Punktbestimmung ein Objektaufmaß mit der kalibrierten Totalstation erfolgt. Grundsätzlich muss das Aufmaß der Objektpunkte von beiden Seiten der Basis aus erfolgen. Durch die Mittelbildung kann dann der Fehler einfluss weitgehend aufgehoben werden bzw. man erkennt schnell seine Größenordnung. Ebenso wird klar, dass ein einseitiges Aufmaß (der zweite **SAPOS®**-Punkt dient nur als polare Orientierung) äußerst gefährlich ist.

Natürlich werden, von Zufällen abgesehen, alle drei Komponenten gemeinsam auftreten. Auch wenn man Fehler nie vollständig ausschalten kann, ist die Kenntnis um deren Wirkung zur Minimierung unverzichtbar. Durch die hohe Präzision der EDM-Instumente ist in den letzten Jahren eine Fehlerbetrachtung bei vielen Alltagsaufgaben beinahe überflüssig geworden. Dies gilt nicht für die **SAPOS®**-Punktbestimmung. Bei Beachtung der hier benannten Grundsätze wird auch das **SAPOS®**-Verfahren zu den in den Vorschriften geforderten Genauigkeiten bei Liegenschaftsvermessungen führen.

### **Zusammenfassung**

**SAPOS®** ist ein hocheffektives praxistaugliches Verfahren zum Anschluss von Liegenschaftsvermessungen an das amtliche Lagebezugssystem. Bei der gebotenen Würdigung geodätischer und fehlertheoretischer Grundsätze wird es voll den Genauigkeitsanforderungen des Liegenschaftskatasters gerecht.

Somit kann seitens der Anwender eine große Zuverlässigkeit bescheinigt werden. Zur nochmaligen Genauigkeitssteigerung wäre sicher die Verdichtung der Referenzstationen sinnvoll, eine noch stabilere Über-

tragung der Korrekturdaten wäre wünschenswert. In jedem Fall sollten sich die Aktivitäten auf das Echtzeitverfahren kon-

zentrieren, da hier die Zukunft des operativen Vermessungsgeschäfts, aber auch anderer Anwendungen liegt.

Norman Linow

## Die Leistungsfähigkeit von **SAPOS**<sup>®</sup> im Liegenschaftskataster

### Ein Beispiel in der Region um den Teupitzer See

Die Leistungsfähigkeit von **SAPOS**<sup>®</sup> im Liegenschaftskataster lässt sich am besten durch die Praxisfähigkeit und die Genauigkeit des Systems beschreiben. Im Spätsommer des Jahres 2002 bot sich mir im Rahmen einer Diplomarbeit die Gelegenheit zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit von **SAPOS**<sup>®</sup>. Ich wurde beauftragt, ein vorhandenes Festpunktfeld mittels **SAPOS**<sup>®</sup> zu verdichten. Die Punkte sollten im amtlichen Bezugssystem ETRS89 bestimmt werden, damit die spätere Liegenschaftsvermessung an dieses Bezugssystem angeschlossen werden kann.

Für diesen Auftrag wurde mir ein Luftbild des Gebiets um den brandenburgischen Ort Teupitz zur Verfügung gestellt. Auf ihm waren etwa 100 Messstellen und zahlreiche trigonometrische Punkte dargestellt. An jeder Messstelle sollten 3 - 4 Punkte vermarktet und ihre Koordinaten im System ETRS89 bestimmt werden. Zusätzlich wurde mir das System LEICA SR 530 für die Bewältigung der Aufgabe zur Verfügung gestellt. In Abhängigkeit der Lage der Messstellen zueinander konnten einige zusammengefasst werden. Insgesamt waren es ca. 280 Punkte, die es zu bestimmen galt.

Zur Überprüfung der gemessenen Genauigkeit nutzte ich einige trigonometrische Punkte. Auf dieser Basis erfolgte der Vergleich zwischen bekannten und den von

mir gemessenen Koordinaten. Daraus resultierend ergaben sich Abweichungen bei Echtzeitmessungen von 1 - 2 cm. Die statischen Messungen zeigten Abweichungen von etwa 1 cm, bei einer Aufzeichnungsdauer von 10 min und ständigem Empfang von 6 Satelliten. Im Gegensatz dazu lagen bei einem Empfang von 4 Satelliten und einer Aufzeichnungsdauer von 10 min die Abweichungen bei bis zu 4 cm. Zu Koordinatenunterschieden von 2 cm kam es bei Vergleichsmessungen zwischen statischen Messungen (**SAPOS**<sup>®</sup>-GPPS) und Echtzeitmessungen (**SAPOS**<sup>®</sup>-HEPS).

Das System LEICA SR 530 ermöglicht Messungen in Echtzeit, wobei die Korrekturdaten mit FKP über GSM übertragen werden. Die Übertragung mittels 2m Funk war im Rahmen dieses Auftrags nicht realisierbar, da eine Verbindung mit einer Referenzstation nicht zustande kam. Das durch Waldlandschaften geprägte Gebiet um den Teupitzer See ließ kaum Messungen in Echtzeit zu. Dies bedeutete eine Auswertung im Post Processing durch die Verwendung der mir zur Verfügung gestellten Software WaSoft/Virtuell 3.0 unter der Hilfenahme einer virtuellen Referenzstation (kostenfreies Download unter [www.geobasis-bb.de](http://www.geobasis-bb.de)). Neben den gemessenen Daten benötigt man ferner die Daten von 3 Referenzstationen, welche im näheren Umkreis des Gebiets liegen und es