

SAPOS® im Liegenschaftskataster

Anmerkung der Redaktion

Positive Beispiele aus der Praxis sind die beste Werbung für ein neuartiges Messverfahren, das noch vor wenigen Jahren viel Skepsis und ungläubiges Staunen hervorrief. Die Koordinierung eines Punkts in der Örtlichkeit innerhalb von 60 Sekunden zu jeder Zeit, und das mit einer Genauigkeit von einigen Zentimetern, schien unmöglich. Visionäre von einem „Festpunktfeld ohne Festpunkte“ wurden nicht ernst genommen und kritisiert. Durch die Anstrengungen aller Mitgliedsverwaltungen der AdV wurde in nur wenigen Jahren ein System von Referenzstationen aufgebaut, das weltweit seinesgleichen sucht. Die AdV hat ein bundeseinheitliches Produkt geschaffen, trotz oberflächlicher Kritik an der förderalen Zuständigkeit. Und dabei steht der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung erst am Anfang einer zukunftsweisenden Entwicklung, die neue Dimensionen nicht nur im Vermessungswesen öffnen wird. Die Nutzung weiterer Satellitensysteme wie Glonass und Galileo sowie weiterentwickelte Modellierungen werden das Einsatzspektrum erweitern, die Messzeiten verkürzen und die Genauigkeiten weiter steigern. Die Integration internetbasierter Übertragungsmedien wird das GSM und den 2m-Funk schon in Kürze ablösen. Die Industrie wird maßgeschneiderte Hard- und Software bereitstellen, um die derzeit noch nahezu separat angebotenen Segmente GPS, Geoinformationssysteme und digitale Fotografie praxistauglich zu verzahnen. Mehr und mehr Anwendungen werden SAPOS® zu einem unverzichtbaren Dienst der Landesvermessung werden lassen. Dies wird durch Public Private Partnership mit der RuhrGas AG belegt, die die Daten der Landesvermessung abnehmen und weiter an Dritte vermarkten möchte.

Seit der Inbetriebnahme des Satellitenpositionierungsdienstes in Brandenburg anlässlich des 10-jährigen Bestehens des Landesvermessungsamts durch Innenminister Schönbohm am 13. März 2001 haben fast 50% der Öffentlich bestellten Vermessungsingenieure des Landes Brandenburg in die neue SAPOS®-Technik investiert und setzen diese Technik zur Durchführung von Liegenschaftsvermessungen ein. Die drei folgenden durchaus kritischen Erfahrungsberichte zeigen die Möglichkeiten des Einsatzes von SAPOS® im Liegenschaftskataster auf.

Wolfgang Schultz

Untersuchungen zur Anwendung von SAPOS®-HEPS im Liegenschaftskataster

Am 13. März 2002 wurde durch Runderlass (ABl. S. 266) bekannt gegeben, dass mit der Inbetriebnahme von 21 Referenzstationen der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS®) flächendeckend in Brandenburg eingerichtet ist. Unter Bezug auf die Verwaltungs-

vorschrift zur Durchführung von Liegenschaftsvermessungen (VVLieVerm) vom 23. August 1999 (ABl. S. 606) ist mit Wirkung vom 13. März 2002 zwingend gefordert, dass alle Liegenschaftsvermessungen auf das amtliche Lagebezugssystem ETRS89 zu beziehen sind. Die Fragestel-

lung lautet, inwieweit die Bereitstellung des **SAP^{OS}**-HEPS Dienstes der Zielstellung der VVLiegVerm entspricht.

Zielstellung

Die qualitätsgerechte Durchführung von Liegenschaftsvermessungen erfordert die Georeferenzierung aller liegenschaftsrelevanten Punkte bezogen auf das amtliche Lagebezugssystem ETRS89. Das dafür bereitstehende effizienteste Verfahren ist die Nutzung des **SAP^{OS}**-HEPS-Dienstes des Landesbetriebs Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB). Gleichwohl steht die Vermessungsstelle in der Gesamtverantwortung für die rationelle und qualitätsgerechte Durchführung jedwelter Liegenschaftsvermessungen. Insofern war es von hohem Interesse, im Rahmen einer Diplomarbeit zu untersuchen, inwieweit die uneingeschränkte, zuverlässige, orts- und zeitunabhängige Verfügbarkeit des **SAP^{OS}**-HEPS-Dienstes gewährleistet ist, welche Genauigkeiten erreicht werden und wie hoch die Zuverlässigkeit ist. Diese Fragestellung sollte untersucht werden unter Berücksichtigung der Entfernung der Roverstation zur Referenzstation, der Nutzung der Kommunikationsmittel (2m-Band, Mobilfunk), der Abhängigkeit von unterschiedlichen topographischen Gegebenheiten und der Genauigkeitsforderung der Liegenschaftsvermessungsvorschrift.

Planung der Messungen

Auf Grund des Standorts des betreuenden ÖbVI-Büros wurden die Messungen auf das Gebiet Südbrandenburg begrenzt. Es erfolgte die Nutzung der Korrektur- und Beobachtungsdaten der Referenzstationen Cottbus, Frankfurt (Oder), Lübben und Finsterwalde. Zur Durchführung der HEPS-Messreihen wurden Beobachtungspunkte

ausgewählt, deren Koordinaten im System ETRS89 vorlagen und deren Genauigkeit der zu untersuchenden Technologie entsprachen. Somit kamen vorwiegend Punkte des Brandenburger Referenznetzes (BRAREF) zur Anwendung. Ein weiteres Kriterium für die Wahl der Standpunkte war deren Entfernung zu den Referenzstationen. Hierzu wurden die unterschiedlichen Distanzen in drei Bereiche von Basislinienlängen eingeteilt:

- kurz (< 5 km)
- normal (5...20 km)
- lang (> 20 km)

Da bei den Untersuchungen auch Abhängigkeiten zu unterschiedlichen topographischen Gegebenheiten aufgezeigt werden sollten, wurde eine räumliche Verteilung der Beobachtungspunkte unter Berücksichtigung von der Orts- und Feldlage und einem Wald- und Tagebaugebiet vorgesehen.

Durchführung der Messungen

Um zu fundierten Aussagen über die Verfügbarkeit und Genauigkeit des **SAP^{OS}**-HEPS-Dienstes gelangen zu können und um eine Vergleichbarkeit der Auswertung



Abb. 1: LEICA-GPS System 500 „SR 530“

der Ergebnisse zu gewährleisten, war es notwendig, eine einheitliche Beobachtungsrichtlinie für alle Messungen festzulegen. Folgende Forderungen, bezogen auf die Messungen auf einem Beobachtungspunkt, waren zu realisieren:

- Messungen unter Nutzung des 2m-Bands (Funk) und unter Verwendung des Mobilfunks (GSM)
- Messungen mit und ohne Berücksichtigung von Flächenkorrekturparametern (FKP) auf jedem Punkt
- Beobachtungsdauer maximal 2 Minuten
- Abbruch der Beobachtung bei
 - fehlender Initialisierung nach 5 Minuten
 - Verlust der Satellitenverbindung
 - Systemausfall
- doppelte Punktbestimmung in einem zeitlichen Abstand von ca. 24 Stunden (Ausschluss von groben Fehlern)

Insgesamt wurde pro Beobachtungspunkt eine Messreihe von 8 Messwerten realisiert. Gemessen wurde mit einem LEICA GPS-System 500 „SR 530“ (Abb. 1) und dem SAPOS®-Decoder „SMARTgate 2m GSMD“.

Nachgewiesene Verfügbarkeit

Um den SAPOS®-HEPS-Dienst praxisrelevant nutzen zu können, ist seine uneingeschränkte und zuverlässige Verfügbarkeit von grundlegender Bedeutung. Im Rahmen der Diplomarbeit wurden insgesamt 449 Beobachtungen durchgeführt, davon 239 mit 2m-Funk und 210 mit Mobilfunk. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den verwendeten Methoden der Datenübertragung (Abb. 2).

Während mit 2m-Funk nur 65% aller versuchten Beobachtungen zur Auflösung der Mehrdeutigkeiten führten, waren es mit GSM immerhin 91%. Die Abhängigkeit der Verfügbarkeit des HEPS-Dienstes von der Entfernung zwischen Rover- und Referenzstation zeigt Abb. 3.

Dabei wurde – wie erläutert – zwischen Beobachtungen mit kurzen, normalen und langen Basislinien unterschieden. Erkennbar ist, dass die Auflösung der Basislinien wiederum stark mit dem verwendeten Kommunikationsmittel korreliert. Während bei Basislinien bis 5 km kein Unterschied zwischen Mobilfunk und 2m-Funk darstellbar

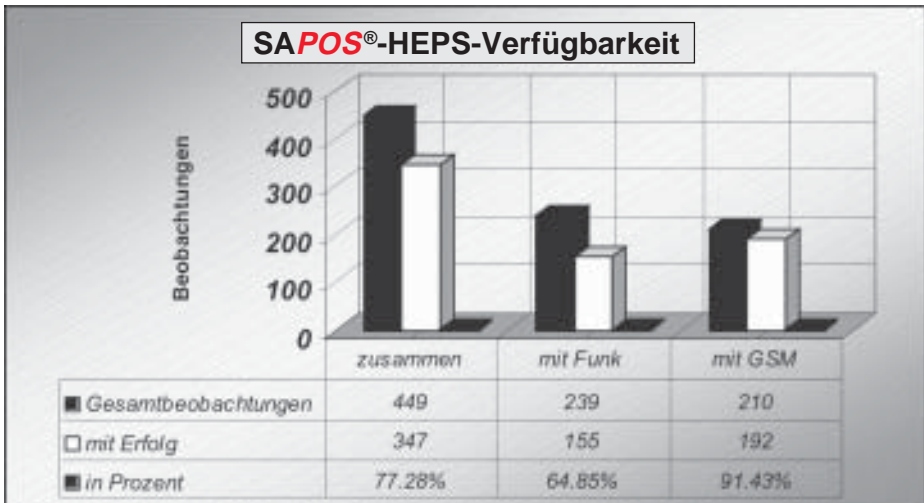


Abb. 2: Allgemeine SAPOS®-HEPS-Verfügbarkeit

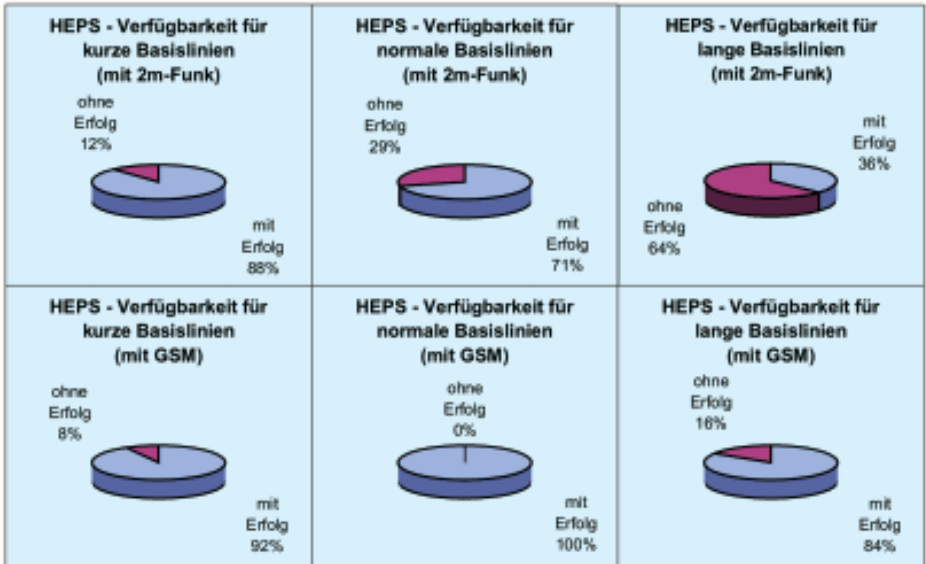


Abb. 3: Entfernungsabhängige Verfügbarkeit für 2m-Funk und GSM

ist, verringert sich die Verfügbarkeit des 2m-Funks mit Vergrößerung der Basislinie sehr deutlich.

Die Verfügbarkeit des HEPS-Dienstes in Abhängigkeit von der Topographie gibt Abb. 4 wieder.

Dabei konnte entgegen den Erwartungen

keine bessere Verfügbarkeit der Echtzeitdaten auf Freiflächen gegenüber bebauten Gebieten oder Waldflächen ermittelt werden. Es ist darauf zu verweisen, dass neben der Abhängigkeit von der Topographie auch eine zusätzliche Korrelation von der Entfernung zur Referenzstation besteht.

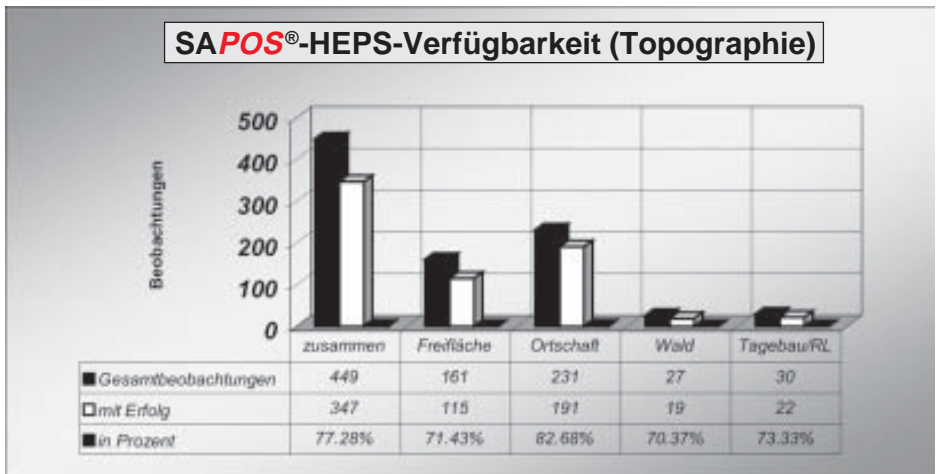


Abb. 4: Topographieabhängige SAPOS®-HEPS-Verfügbarkeit

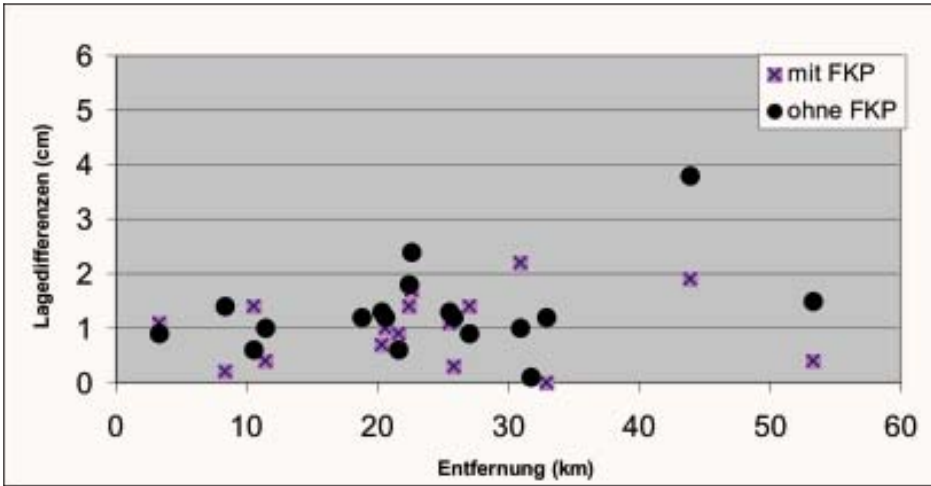


Abb. 5: Lage-Standardabweichungen des arithmetischen Mittels der erfolgreichen Beobachtungen

Grundsätzlich gilt es auch hier, auf die signifikante Überlegenheit des Mobilfunks hinzuweisen.

Genauigkeit der Ergebnisse

Um Aussagen zur Genauigkeit der Ergebnisse treffen zu können, wurde davon ausgegangen, dass zum einen die Mehrfach-

beobachtungen auf den Punkten unabhängig voneinander und mit gleicher Gewichtung realisiert wurden (innere Genauigkeit) und zum anderen die als Vergleichswert verwendeten BRAREF-Punkte eine signifikant höhere Genauigkeit aufweisen als die mittels HEPS-Dienstes ermittelten Koordinaten (äußere Genauigkeit).

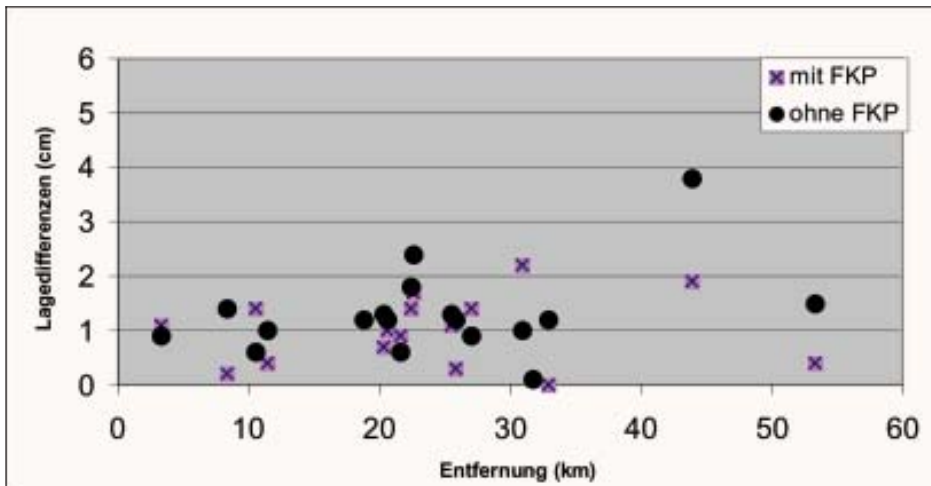


Abb. 6: Lagevektoren der Koordinatendifferenzen gemittelter Beobachtungen zum Sollwert

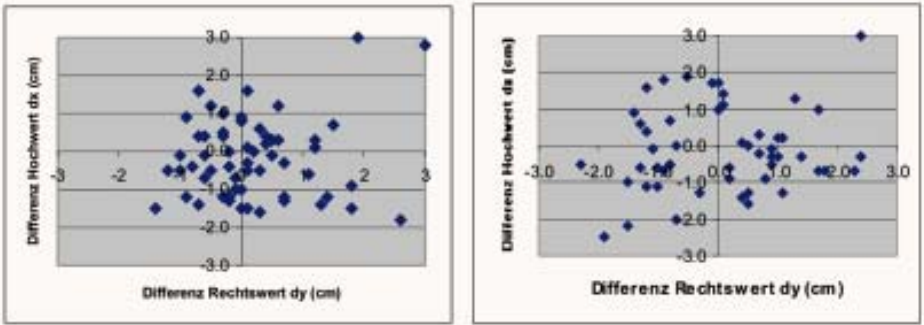


Abb. 7: Streuung der ermittelten Koordinatenwerte mit FKP (links) und ohne FKP (rechts) um einen Sollwert

Für die Auswertungen zur inneren Genauigkeit sind alle erfolgreichen Beobachtungen auf den Punkten jeweils mit und ohne Flächenkorrekturparameter gemittelt und daraus die Standardabweichungen der arithmetischen Mittel errechnet worden (Abb. 5).

Für die Betrachtungen zur äußeren Genauigkeit sind die Lagevektoren der Koordinatendifferenzen der gemittelten Beobachtungen auf den BRAREF-Punkten zu den vorhandenen Koordinaten (Sollwert) berechnet worden. Dies geschah wiederum mit und ohne Flächenkorrekturparameter.

Die entfernungsabhängige Auswertung gibt die Abb. 6 wieder.

Um zu einer Aussage der absoluten Abweichung der durch Beobachtung gewonnenen Koordinatenwerte zu den Sollwerten zu kommen, wurden alle 115 erfolgreichen Messungen den jeweiligen Koordinaten der Sollwerte gegenübergestellt (Abb. 7).

Die in Abb. 8 dargestellte Systemgenauigkeit gibt die Genauigkeit aller 347 erfolgreichen Einzelbeobachtungen wieder, welche mittels der Auswertesoftware SKI PRO-Leica pro Messung errechnet wurde.

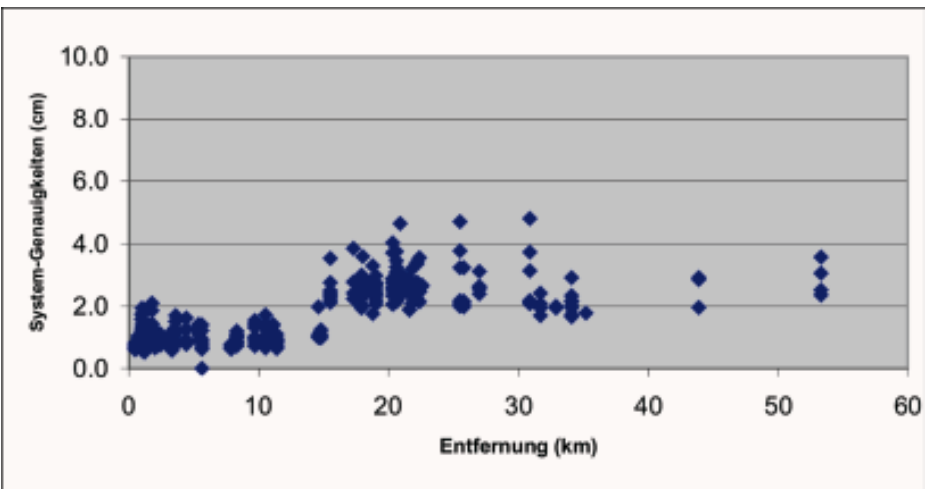


Abb. 8: Systemgenauigkeit (Lage)

Insgesamt lassen sich aus den Auswertungen folgende Aussagen treffen:

- Mittelwert der Systemgenauigkeit (GPS-Controller) aus 347 Messungen.

$$m_p = 1,6 \text{ cm}$$

Ab einer Entfernung von 15 km ist das Wirken eines systematischen Fehlereinflusses von 2 cm erkennbar.

- Innere Genauigkeit: Mittelwert der Standardabweichungen von 40 Messreihen auf BRAREF-Punkten.

$$\text{ohne FKP: } m_{\sigma_p} = 1,1 \text{ cm}$$

$$\text{mit FKP: } m_{\sigma_p} = 0,8 \text{ cm}$$

- Äußere Genauigkeit: Mittelwert der Beiträge der Lageabweichungen zum Sollwert aus 40 Messreihen auf BRAREF-Punkten.

$$\text{ohne FKP: } m_{\sigma} = 1,5 \text{ cm}$$

$$\text{mit FKP: } m_{\sigma} = 1,2 \text{ cm}$$

- Es besteht eine funktionelle Abhängigkeit der Genauigkeit von der Entfernung zwischen der Rover- und Referenzstation.
- Aus den Werten und Tabellen zur inneren und äußeren Genauigkeit ist erkennbar, dass die Berücksichtigung der Flächenkorrekturparameter vor allem bei größeren Entfernungen zur Genauigkeitsverbesserung führt.

Zuverlässigkeit der Beobachtungen

Unter dem Abschnitt Verfügbarkeit wurden Aussagen darüber getroffen, wie sicher es unter verschiedenen Bedingungen zu einer Berechnung der Basislinie gekommen ist. Für Aufgaben des Liegenschaftskatasters galt es, diese Fragestellung unter der einschränkenden Bedingung einer geforderten Genauigkeit zu beantworten. Die VVLiegVerm fordert, dass die lineare Abweichung zwischen zwei unabhängigen Einzelmessungen $< 6 \text{ cm}$ zu betragen hat.

Deswegen wurden für die Berechnung der Zuverlässigkeit nur solche Einzelbeobachtungen verwendet, deren absolute Lagedifferenz zur Sollkoordinate (BRAREF-Punkt) $< 3 \text{ cm}$ betrug. Bei einer Gesamtanzahl von 176 durchgeführten Beobachtungen ergaben sich nach:

$$Z = \frac{(e - d)}{g} \times 100 \%$$

Z = Zuverlässigkeit

e = erfolgreiche Datenaufzeichnungen (Verfügbarkeit)

d = erfolgreiche Beobachtungen mit linearer Abweichung größer 3 cm

g = Gesamtzahl der durchgeführten Beobachtungen

folgende Zuverlässigkeiten :

gesamt: 62% (Verfügbarkeit 75%)

mit GSM: 86% (Verfügbarkeit 90%)

mit Funk: 42% (Verfügbarkeit 57%)

Es ist erkennbar, dass für die praktische Nutzung des HEPS-Dienstes für Liegenschaftsvermessungen eine GSM-Verbindung zwingende Voraussetzung darstellt.

Ergebniseinschätzung

Im Rahmen der Untersuchungen und mit der Einschränkung, dass die Anzahl der zur Verfügung stehenden Beobachtungen für statistische und objektive Aussagen etwas als gering einzuschätzen sind, lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Die zuverlässige, orts- und zeitunabhängige Funktionalität des *SAPOS*[®]-HEPS-Dienstes kann für Südbrandenburg bestätigt werden.
- Die Verfügbarkeit von HEPS über 2m-Funk ist ungenügend (65%), d.h. keine oder geringe Praxisrelevanz.
- Mit Mobilfunk (GSM) ist ein zuverlässiges Arbeiten in allen Gebieten, unabhängig von der Topographie und von der Entfernung zur Referenzstation, möglich.

- 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-