



SAPOS® – Anwendungen, Beispiele und Erfahrungen aus der Praxis*)

Heinz-Peter Blum

1 Einleitung

Satellitengeodätische Messverfahren sind im heutigen Vermessungsalltag nicht mehr wegzudenken und werden im Vermessungsbüro Stollenwerk & Kuckuck seit Januar 1994 eingesetzt. Die erste Abbildung verdeutlicht die stetige Entwicklung von GPS-Verfahren im täglichen Arbeitseinsatz. Die erste Anwendungsphase beschränkte sich auf statische Verfahren mit aus heutiger Sicht wenigen Einsatztagen. Im wesentlichen wurde GPS zur Bestimmung übergeordneter Punktfelder in der Landesvermessung (TP- und AP-Felder) und in Ingenieurnetzen verwendet.

Die Beschaffung einer RTK-fähigen Ausrüstung im Jahre 1999 führte zu einer sprunghaften Steigerung des Einsatzvolumens. Nun war es möglich, neben den bis dahin durchgeführten Netzbestimmungen GPS auch für weitere Aufgaben wie

- Bestandsaufnahmen
 - Katastervermessungen
 - Absteckungen
 - Hydrographische Vermessungen
 - Bergbauliche und markscheiderische Vermessungen
 - u.a.
- einzusetzen.

*) Überarbeitete Fassung eines Vortrages zum 66. DVW-Seminar „GPS und GALILEO“, am 21./22. 02 2006 in Darmstadt.

Weiterentwicklungen in der GPS-Hard- und Software sowie die Nutzung des SAPOS®-Dienstes ermöglichten in der Folgezeit weitere Arbeitserleichterungen im täglichen Vermessungseinsatz.

2 SAPOS®-Dienst und ETRS89-Anschluss

Der SAPOS®-Dienst betreibt in Deutschland ein flächendeckendes Netz von permanent arbeitenden GPS-Referenzstationen, die im Bezugssystem des European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS 89) bestimmt sind. Diese Referenzstationen ermöglichen es, GPS-Messungen unmittelbar an dieses hochgenaue und europaweit einheitliche Koordinatensystem anzuschließen. GPS-Anwendungen in Verbindung mit SAPOS®-Daten bieten somit die Voraussetzung, alle Vermessungen losgelöst von herkömmlichen Festpunktfeldern präzise in diesem einheitlichen Koordinatensystem zu lagern und homogene Datenbestände zu erzeugen.

2.1 Nutzung des SAPOS®-Dienstes

SAPOS®-Daten werden momentan für unsere Vermessungsarbeiten fast täglich aus den Service-Bereichen GPPS (Geodätischer Präziser Positionierungsservice) und HEPS (Hochpräziser Echtzeit-Positionierungs-Service) genutzt. Überwiegend erfolgen die Positionierungen dabei durch Nutzung des SAPOS®-HEPS-Dienstes.

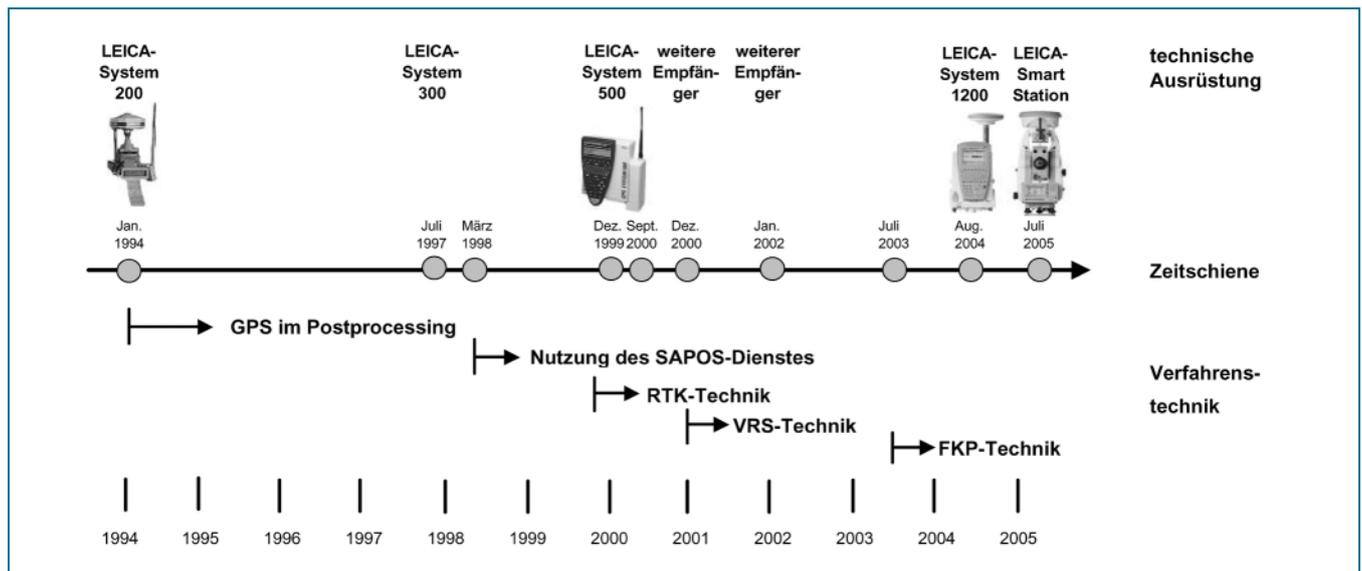


Abb. 1: Entwicklung der GPS-Anwendungen im Büro Stollenwerk & Kuckuck

Tab. 1: SAPOS®-Service-Bereiche (Quelle: www.sapos.de)

Verfahren	Service	Genauigkeit
Echtzeit	HEPS (Hochpräziser-Echtzeit-Positionierungs-Service)	1–2 cm (Lage) 2–6 cm (Höhe)
Echtzeit	EPS (Echtzeit-Positionierungs-Service)	0,5 bis 3,0 m
Postprocessing	GPPS/GHPS (Geodätischer Präziser/Hochpräziser Positionierungs-Service)	< 1 cm

Erste SAPOS®-Anwendungen entstanden ab März 1998 durch den Abruf von RINEX-Daten für Postprocessing-Auswertungen (GPPS-Dienst). Die Nutzung des SAPOS®-HEPS-Bereiches für RTK-Anwendungen folgte ab dem Jahre 2001 nach Einführung der VRS-Technik (Vernetzung) in Nordrhein-Westfalen. Diese Technik ermöglichte es, virtuelle Referenzstationen für beliebige Positionen innerhalb der vernetzten Bereiche zu erzeugen, um diese für die Basislinienberechnung zu nutzen. Die Nutzungseinschränkung des SAPOS®-Dienstes für RTK-Aufnahmen bei zu großen Entfernungen realer Stationen zum Messgebiet war hierdurch aufgehoben. Mittels des HEPS-Dienstes konnten nun RTK-Anwendungen mit nur einer GPS-Ausrüstung durchgeführt werden und so mit wenig Aufwand präzise Koordinaten im ETRS89 in Echtzeit aufgenommen oder in der Örtlichkeit abgesetzt werden. Für die Auswertung statisch ausgeführter GPS-Kampagnen, z.B. für die Bestimmung von Festpunktfeldern, hat die Technik der virtuellen Referenzstation ebenso Vorteile gebracht. Bei Auswertungen mit einer realen SAPOS®-Referenzstation hat man oftmals große Entfernungen zur Roverantenne, was aufgrund der entfernungsabhängigen Genauigkeitseinflüsse (Orbit-, Satellitenfehler, Ionosphärische und Troposphärische Refraktion) bei GPS-Beobachtungen zu schlechteren Positionierungsgenauig-

keiten führt. Das Konzept der virtuellen Referenzstation minimiert diese Fehlereinflüsse und bietet unabhängig von Stationsabständen eine gleichbleibend hohe Genauigkeit für Positionierungen (WANNINGER, 2004).

Virtuelle Referenzstationen können entweder aus den RINEX-Daten realer SAPOS®-Stationen selbst erzeugt oder bei Vorgabe der gewünschten Position und des benötigten Beobachtungszeitraumes direkt aus dem SAPOS®-Service-Angebot per Internet-Webserver bezogen werden.

3 GPS-Anwendungsbereiche

Die stete Weiterentwicklung in der GPS-Empfängertechnologie, verbesserte Auswertalgorithmen sowie die Nutzung von SAPOS® führten, wie beschrieben, zu mehr Einsatzmöglichkeiten von GPS-Verfahren. Die Abb. 3 gibt einen Überblick über GPS-Anwendungen unterteilt nach Vermessungsbereichen.

3.1 Katastervermessung

Seitens der ADV (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder) wurde bereits im Mai 1991 der

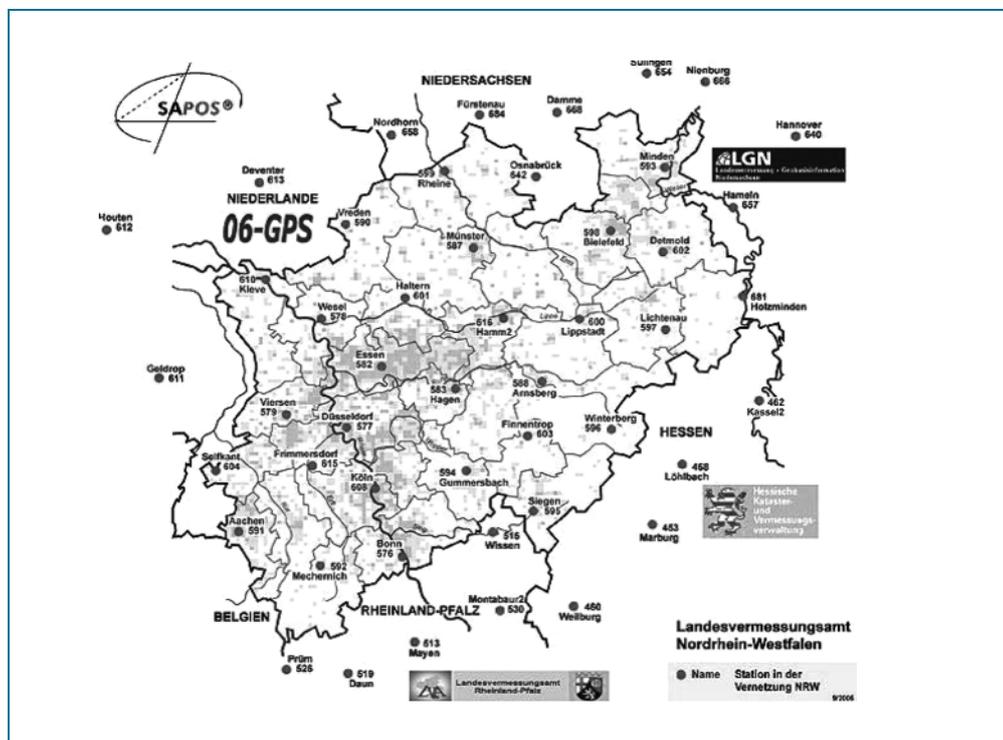


Abb. 2: SAPOS®-Netzwerk Nordrhein-Westfalen, Stand Sept. 2005 (Quelle: www.sapos.de)

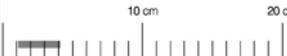
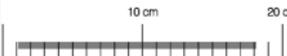
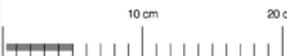
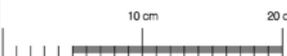
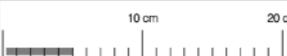
Vermessungsbereich	Messverfahren	Genauigkeitsforderungen	Nutzung SAPOS		Einschränkungen für GPS-Anwendung
			Dienst	Zweck	
Katastervermessung	RTK-Verfahren		HEPS	ETRS89-Koordinaten Nutzung als Referenzstation	Abschattungen
Topographie- und Bestandsvermessung	RTK-Verfahren		HEPS GPPS	ETRS89-Anschluss	Abschattungen Qualität der Höhenkomponente
Ingenieurvermessung	RTK-Verfahren statische Verfahren		HEPS GPPS	ETRS89-Anschluss virtuelle Referenzstation für Postprocessing	Abschattungen Genauigkeitsforderungen
Hydrografische Vermessung	RTK-Verfahren		HEPS GPPS	ETRS89-Anschluss	gering
Bergbau-/markscheider. Vermessungen	RTK-Verfahren statische Verfahren		HEPS GPPS	ETRS89-Anschluss	Abschattungen Genauigkeitsforderungen

Abb. 3: GPS-Anwendungsbereiche im Büro Stollenwerk & Kuckuck

Beschluss gefasst, dass ETRS89 als zukunftsorientiertes Bezugssystem für die Lage einzuführen. Die Umsetzung dieser Grundsatzentscheidung erfolgte in Nordrhein-Westfalen erst vor kurzem per Einföhrungserlass ETRS89/UTM vom 09.08.2004, der das ETRS89 als amtliches Bezugssystem für das Liegenschaftskataster, sowie den Zeitraum für die Überführung der davon betroffenen Nachweise fest schreibt. Hiermit sind die Voraussetzungen zum Aufbau eines einheitlichen und homogenen Datenbestandes im Liegenschaftsbereich geschaffen worden. Die landesweite Verfügbarkeit der SAPOS®-Dienste ermöglicht es, mittels GPS-Anwendungen Arbeiten direkt im ETRS89 auszuführen (siehe Absch. 2). RTK-Verfahren unter Einbeziehung des SAPOS®-HEPS Dienstes bieten hier auch bei kleinräumigen Arbeitsgebieten wirtschaftlich effiziente Anwendungsmöglichkeiten, da auf den Anschluss an ein übergeordnetes Aufnahmepunktfeld verzichtet werden kann.

Bis zur vollständigen Überführung der Nachweise in das ETRS89 werden noch Übergänge in die alten Gebrauchssysteme in Form von Transformation benötigt. Für die Berechnung der Transformationsparameter sind derzeit noch häufig Stützpunkte in der Örtlichkeit aufzumessen, um lokale Netzspannungen zu erfassen. Diese Vorgehensweise bedeutet zur Zeit noch einen gewissen Mehraufwand für die Bearbeitung von Katastervermessungen (KUCKUCK, 2005). Mit fortschreitender Überführung der Datenbestände wird diese Notwendigkeit jedoch immer seltener werden.

Die geforderten Genauigkeiten an Katastervermessungen beziehen sich nur auf die Lagekomponente und können i. d. R. auch unter ungünstigen Empfangsbedingungen mittels der RTK-Technik ohne Probleme eingehalten werden. Beobachtungseinschränkungen für den GPS-Einsatz bestehen nur aufgrund starker Abschattungen, da auf die Punktlage kein Einfluss genommen werden kann, und Vermessungen oft im unmittelbaren Bereich von Gebäuden stattfinden. Für Punkte, die keinen GPS-Einsatz ermöglichen, sind alternative Aufnahmeverfahren erforderlich. Diesem Erfordernis tragen neuere integrative Lösungen zwischen GPS und Tachymetertechnologie Rechnung, die die Vorteile beider Instrumentenarten



Abb. 4: Leica Smartstation

kombinieren. So können mittels GPS-Verfahren temporäre Anschlusspunkte für Tachymeteraufnahmen geschaffen werden, die die notwendige Anzahl an Aufstellungen mit Verbindungsmessungen zu stationären Festpunktfeldern minimieren und den Zeit- und Personalaufwand reduzieren.

Das Leica System 1200 der Firma Leica Geosystems erlaubt beispielsweise eine direkte Nutzung und Weiterverarbeitung von Aufnahmedaten zwischen GPS und Tachymeter. Hierfür braucht lediglich das Speichermedium zwischen Instrumenten dieser Baureihe ausgetauscht werden. Ein Maximum an Flexibilität ist seit kurzem nun auch durch die bauliche Zusammenfassung der beiden Messtechniken unter dem Begriff SmartStation erfolgt. Hiermit steht nunmehr erstmals ein Tachymeter mit integriertem GPS-Empfänger zur Verfügung. Die daraus resultierenden Einsatzmöglichkeiten und Effizienzsteigerungen sind ausführlich in SCHMIDT J. und MÖSER M. (2005) beschrieben.

3.2 Topographie- und Bestandsaufnahmen

Topographie- und Bestandsaufnahmen sind eine wichtige Grundlage der Karten- und Planherstellung und bedeuten

i. d. R. hohe Punktdichten im Aufnahmebereich. In den letzten Jahren ist in diesem Bereich eine verstärkte Anfrage und Beauftragung fachspezifischer Aufnahmen für verschiedenste Katasterarten zu verzeichnen. Als Beispiele lassen sich Aufnahmen für Leitungs-, Umwelt-, Grünflächen- und Friedhofskataster aufzählen.

Für den GPS-Einsatz unterliegen Topographiaufnahmen aufgrund der Abschattungsproblematik in Wald- oder Siedlungsbereichen den selben Einschränkungen wie Katastervermessungen. Bei großen, freien Flächen und einer eher geringen Anzahl an Aufnahmepunkten erfolgen die Aufnahmen grundsätzlich mittels RTK-Verfahren. Die Punktlagen, die keinen GPS-Einsatz ermöglichen, werden tachymetrisch aufgenommen. Die notwendigen Anschlusspunkte für die Polaraufnahme (Festpunkte) liefert die RTK-Aufnahme.

Bestandsaufnahmen erstrecken sich zum Teil über größere Bereiche mit mehrtägiger Aufnahmedauer. Für RTK-Aufnahmen bedeutet dies entsprechend lange Verbindungszeiten für den Empfang von Korrekturdaten, was bei Nutzung einer SAPOS®-Referenzstation zu nicht unerheblichen Kosten durch die zuentrichtenden SAPOS®-Benutzungsgebühren sowie zusätzlich anfallenden Telefonverbindungsgebühren führt. RTK-Aufnahmen für derartige Detailaufnahmen erfolgen daher aus wirtschaftlichen Gründen mit einer eigenen temporären Referenzstation, wenn sich sichere Standpunkte für deren Betreiben anbieten. In diesem Fall beschränkt sich die Nutzung des SAPOS®-Dienstes auf die Anbindung der Aufnahmen

an das ETRS89 Bezugssystem. Der Übergang zu den alten Gebrauchssystemen erfolgt auch hier rechnerisch über Transformationen (vgl. Abschnitt 3.1).

Die Genauigkeitsanforderungen an Topographiaufnahmen sind unterschiedlich. Sie können durch RTK-Aufnahmen aber überwiegend eingehalten werden. Lediglich bei sensiblen Höhenangaben, wie z.B. im Falle von Gefälleangaben bei Leitungshaltungen, reichen die gelieferten Genauigkeiten mitunter nicht aus. Hier erfolgt im Vorfeld eine Abwägung zwischen reinen tachymetrischen Aufnahmen oder einem kombinierten Einsatz von GPS und geometrischem Nivellement.

3.2.1 Beispiel einer Topographie- und Bestandsaufnahme

Das folgende Beispiel einer Bestandsaufnahme, mit zum Teil stark abgeschatteten Aufnahmebereichen innerhalb einer Hafenanlage, zeigt die Zuverlässigkeit und den Genauigkeitsbereich bei RTK-Aufnahmen unter Verwendung virtueller Referenzstationen im SAPOS®-Netz (HEPS-Dienst). Für 512 Punktlagen liegen neben den GPS-Bestimmungen zusätzlich Ergebnisse aus terrestrischen Aufnahmen vor, die als Sollpositionen für einen Koordinatenvergleich dienen sollen. Der Ergebnisvergleich zeigt, dass trotz der ungünstigen Voraussetzungen für den GPS-Einsatz, überwiegend gute Übereinstimmung mit Abweichungsbeträgen kleiner 20 mm für die Lage- und Höhenkomponente erzielt wurden (vgl. Abb.5 und Abb.6). Bei kritischen Punkten mit ein-

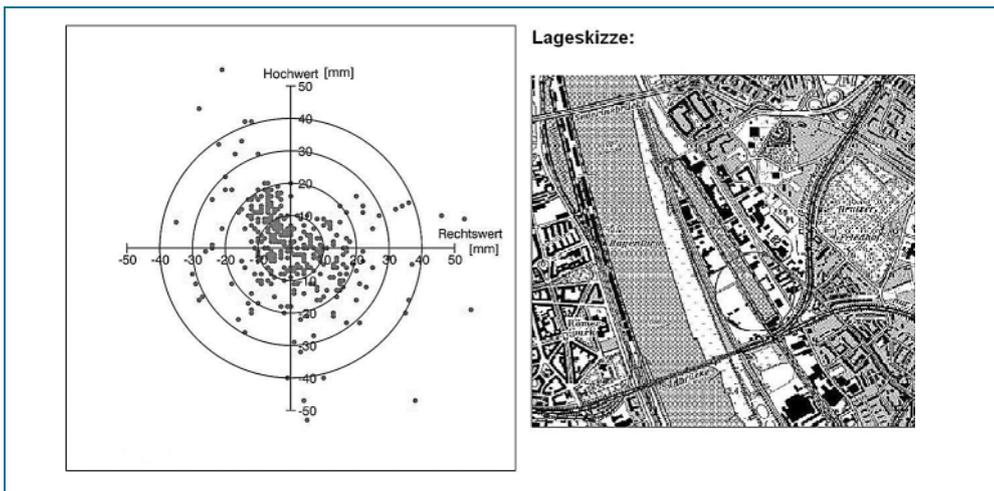


Abb. 5: Abweichungen der RTK-Aufnahme unter Nutzung des SAPOS®-HEPS Dienstes von Solllagen (Lagekomponente)

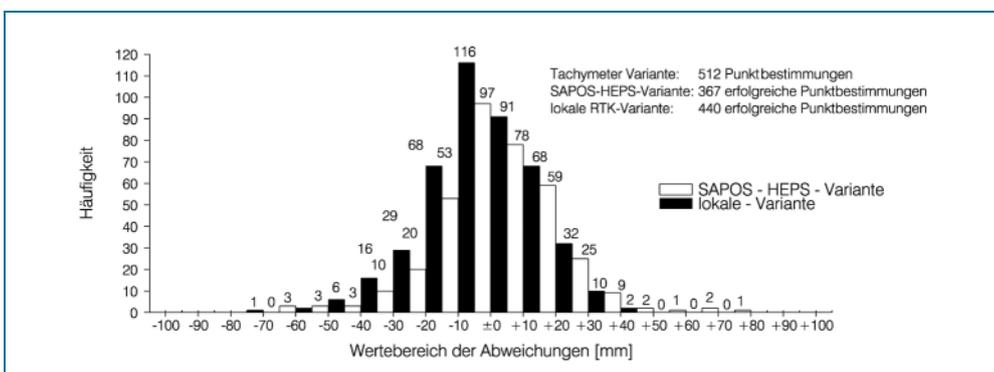


Abb. 6: Abweichungen der RTK-Aufnahme unter Nutzung des SAPOS® HEPS-Dienstes und unter Nutzung eigener Referenzstationen zu Sollhöhen

geschränkter GPS-Tauglichkeit sind jedoch auch deutlich höhere Abweichungen mit Beträgen bis maximal 82 mm für die Höhenbestimmung aufgetreten.

Weiterhin erfolgte ein Vergleich mit Positionsbestimmungen aus einer parallel ausgeführten Aufnahme mit eigener lokaler Referenzstation. Die HEPS-Variante zeigt im Vergleich zur Variante mit lokaler Referenzstation einen größeren Streubereich der Abweichungen zu den terrestrisch bestimmten Sollpositionen. Dies gilt insbesondere für die Höhenkomponente, wie die Abb. 6 verdeutlicht. Darüber hinaus zeigt die Verwendung einer eigenen Referenzstation auch eine höhere Zuverlässigkeit und Robustheit bei der Punktbestimmung. So konnten im vorgestellten Beispiel im Vergleich zur SAPOS®-HEPS-Variante 20 % mehr Punktlagen bestimmt werden.

3.3 Ingenieurvermessung im Hoch-, Tief-, Strassen- und Gleisbau

Wie in Abschnitt 1 erwähnt, erfolgten die ersten GPS-Anwendungen im Bereich der Ingenieurvermessung zur Bestimmung übergeordneter Punktfelder. Es handelte sich dabei um statische Aufnahmen mit zum Teil mehrstündigen Beobachtungszeiten pro Aufstellungsgruppe. Die Auswertung erfolgte anschließend im Büro.

Statische Aufnahmen zählen auch weiterhin zu den aktuellen GPS-Anwendungen, jedoch mit dem Unterschied deutlich kürzerer Beobachtungszeiten und signifikant gesteigerter Genauigkeiten. Sie dringen mittlerweile in Anwendungsbereiche vor, die bisher präzisen terrestrischen Aufnahmeverfahren in Verbindung mit Präzisionsinstrumentarien vorbehalten waren. Dies soll am Beispiel einer im Sommer durchgeführten Netzbeobachtung demonstriert werden.

Bei dem hier vorgestellten Beispiel handelt es sich um ein Festpunktfeld, das bisher in mehreren Epochen beobachtet wurde (siehe Abb. 7). Die Aufnahmen erfolgten als kombiniertes Richtungs- und Streckennetz mittels Präzisionsstachymeter vom Typ Leica TC 2002 und Leica TCA 2003 sowie zusätzlich einem Entfernungsmesser vom Typ Kern Mekometer ME 5000. Für die Punktzentrierung

(Stativpunkte) wurden Abloter der Typen Leica ZL und Leica ZNL eingesetzt. Die Höhenbestimmung erfolgte mittels Feinnivellement.

Das Netz hat eine Ausdehnung von 800 m × 600 m und liegt im Bereich intensiv landwirtschaftlich genutzter Anbauflächen. Alle Punktlagen bieten einen weitestgehend abschattungsfreien Satellitenempfang und somit optimale Voraussetzungen zur Ausschöpfung des GPS-Genauigkeitspotentials.

Zeitnah zur letzten Messepoche wurde eine GPS-Kampagne durchgeführt, um zu untersuchen, ob diese eine Alternative zu den kostenintensiveren klassischen Verfahren bietet. Im Rahmen der GPS-Kampagne kamen sechs baugleiche Leica GPS-Systeme mit Antennen des Typs AX1202 zum Einsatz, so dass homogene Beobachtungsdaten vorliegen. Die Beobachtungen wurden in Aufstellungsgruppen mit je 45 min Beobachtungsdauer ausgeführt. Bei der Sessionsplanung wurde darauf geachtet, dass alle Punkte von mindestens zwei Antennen zu unterschiedlichen Satellitenkonstellationen beobachtet wurden. Für die ETRS89-Lagerung wurden Beobachtungsdaten der drei nächstgelegenen SAPOS®-Permanentstationen verwendet.

Die Auswertung der Basislinien erfolgte mit der kommerziellen Auswertesoftware LGO der Leica Geosystems GmbH. Der Berechnungsablauf lief weitestgehend automatisiert, lediglich in drei Fällen waren manuelle Eingriffe (Ausschluss einzelner Satelliten für den Berechnungsprozess) erforderlich. Im Anschluss daran wurden die Beobachtungen einer freien Netzausgleichung unterzogen. Zum Vergleich der Koordinaten aus GPS- und terrestrischer Kampagne wurden diese anschließend aufeinander transformiert, wobei die terrestrische Lösung als festes Zielsystem definiert wurde.

Die Tabelle 2 zeigt die ermittelten Residuen der Netzpunkte. Die Ergebnisse zeigen, dass mit handelsüblicher Hard- und Software hohe Genauigkeiten erzielt werden können und diese zumindest für die Lagekomponente auch bei geringeren Netzausdehnungen die Nähe der terrestrischen Aufnahmegüte erreichen. Lediglich für die Höhenbestimmung besteht noch ein spürbarer Genauigkeitsverlust gegenüber dem geometrischen Nivellement. Ein Vergleich unter wirtschaftlichen Aspekten verdeutlicht den Vorteil eines GPS-Einsatzes für dieses Aufgabenfeld. Die GPS-Kampagne benötigte im Vergleich zur terrestrischen Variante ein Drittel der Zeit. Das ausgeführte Nivellement wurde für diesen Vergleich nicht berücksichtigt.

Neben diesen Sonderanwendungen für Präzisionsnetze hat die Weiterentwicklung in der Empfängertechnologie und Auswertetechnik (Vernetzungstechnik) in der Zwischenzeit aber auch einfachere Arbeitsweisen ermöglicht. In vielen Fällen liefert die Auswertung statischer GPS-Beobachtungsdaten mit Hilfe virtueller Referenzstationen ausreichende Genauigkeiten für die Bestimmung von Grundlagentzen. Hierdurch entfallen die Zwänge und Abhängigkeiten von aufwendigen Sessionsplanungen sowie ein zusätzlicher Personalbedarf für das sichere Betreiben einer eigenen Referenzstation im Messgebiet.

Weitere Untersuchungen zeigen, dass auch RTK-Aufnahmen bei mehrfacher Besetzung der Netzpunkte bereits

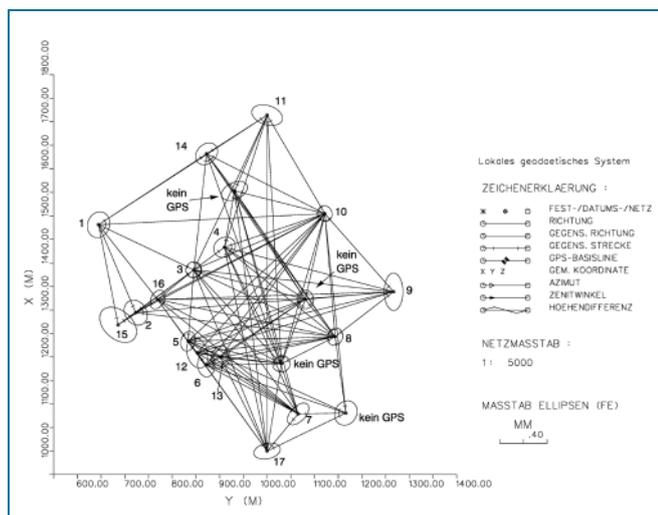


Abb. 7: Beobachtungsnetz (terrestrische Aufnahme)

Tab. 2: Residuen der GPS Punktbestimmungen

Pktnr.	dRW	dHW	dHöhe	Abweichung		Bemerkung
	[mm]	[mm]	[mm]	2D [mm]	3D [mm]	
1	- 1,3	- 0,6	- 2,9	1,4	3,2	-
2	- 1,5	0,2	2,0	1,5	2,5	-
3	- 0,7	0,1	1,3	0,7	1,5	-
4	- 0,1	1,3	- 0,3	1,3	1,3	-
5	0,4	1,0	- 0,5	1,1	1,2	-
6	0,5	1,0	- 4,4	1,1	4,5	-
7	- 0,6	- 0,4	0,1	0,7	0,7	-
8	1,6	- 0,5	- 0,6	1,7	1,8	-
9	- 0,5	- 0,6	- 0,8	0,8	1,1	-
10	0,5	1,3	2,3	1,4	2,7	-
11	- 0,5	- 0,6	- 0,7	0,8	1,0	-
12	- 0,5	1,3	- 0,9	1,4	1,7	-
13	1,2	- 0,8	- 3,6	1,4	3,9	-
14	0,4	- 0,6	1,6	0,7	1,8	-
15	2,4	- 0,5	4,3	2,5	4,9	Abschattungen
16	0,5	- 1,2	- 0,7	1,3	1,5	-
17	- 1,7	- 0,7	3,6	1,8	4,0	-

eine ausreichende Genauigkeit und Zuverlässigkeit zur Bestimmung von Grundlagennetzen liefern können (ILLNER, 2004).

Bei Absteckarbeiten, Kontroll- und Abnahmevermessungen sind aus verfahrenstechnischen und wirtschaftlichen Gründen nur Echtzeitverfahren (RTK) sinnvoll. Einschränkungen für diese Verfahren entstehen aus den Genauigkeiten (Geradlinigkeiten, Achsangaben, Gefälle-

vorgaben, etc.), die diese Vermessungen erfordern. Absteckungen erfolgen grundsätzlich mit einer eigenen lokalen Referenzstation, da hiermit, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, erfahrungsgemäß eine höhere Zuverlässigkeit und Genauigkeit gegeben ist. Lediglich beim Aufsuchen und Anzeigen von Punkten sowie bei Grobsteckungen wird der SAPOS®-Dienst als Lieferant für die notwendigen Korrekturdaten genutzt.

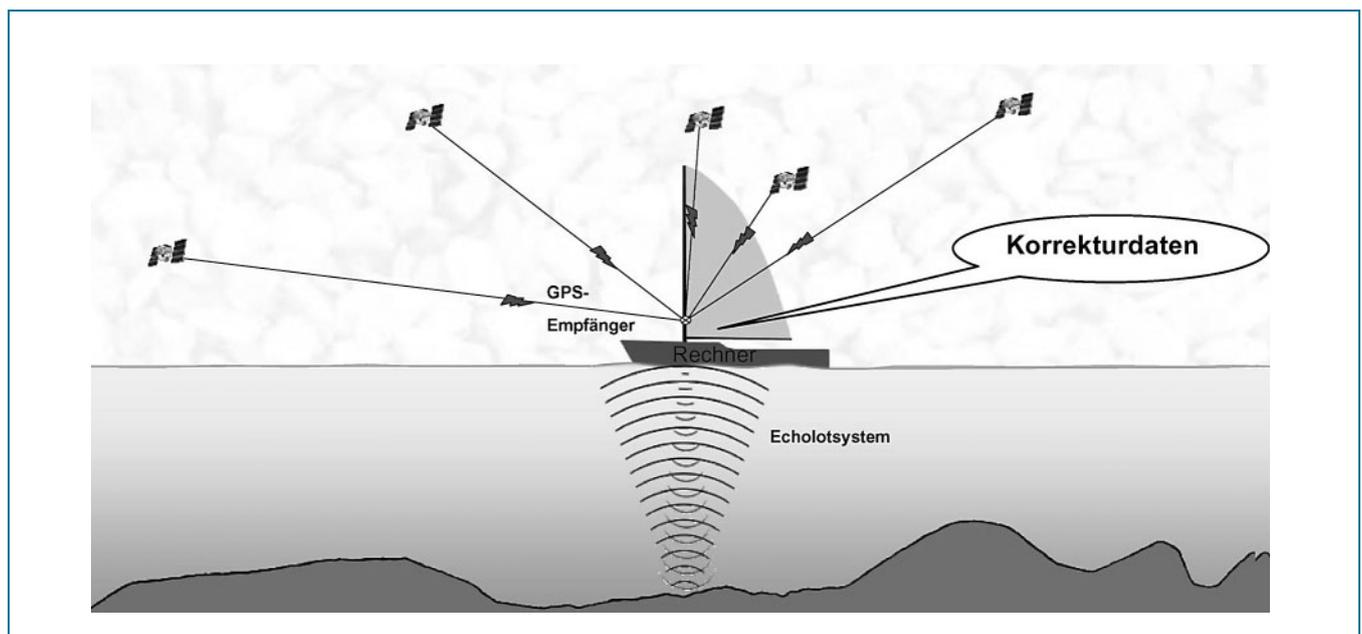


Abb. 8: Prinzip der GPS gestützten Gewässervermessung

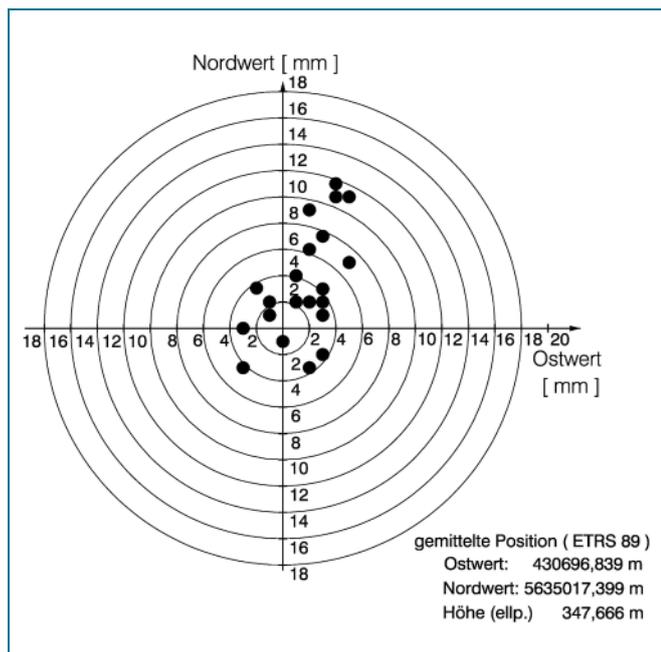


Abb. 11: Lageabweichungen der statischen Bestimmungen zur gemittelten ETRS89-Position

Viele lokale Abschattungen durch Gebäude und Bewuchs erschwerten die Auswahl eines geeigneten Beobachtungspunktes für die GPS-Beobachtungen. Der genutzte Beobachtungspunkt ist Teil des örtlichen Aufnahmepunktfeldes. Er bietet nur eine eingeschränkte Himmelsfreiheit, die im Tagesverlauf mehrfach durch ungünstige Satellitenkonstellationen Positionsbestimmungen erschwert oder verhindert. Eine in unmittelbarer Nachbarschaft befindliche Garagenwand begünstigt zudem durch ihr Reflektionsverhalten möglicherweise Mehrwegeeffekte. Die Aufnahmen erfolgten mit GPS-Empfängern der Typen Leica System 500 und 1200 während der terrestrischen Überwachungsbeobachtungen ohne direkte Aufsicht mit Beobachtungsdauern von durchschnittlich etwa zwei Stunden.

Die Auswertung der aufgezeichneten Beobachtungsdaten wurde mit Hilfe des Programmsystems LGO der Leica Geosystems GmbH durchgeführt. Zu Beginn der Messrei-

he im Februar 2004 erfolgten zunächst neun Folgemessungen mit täglichem später wöchentlichem Zeitabstand. Die berechneten Positionen wichen in der Lage- sowie in der Höhenkomponente maximal 1 cm voneinander ab, wodurch Änderungen der beobachteten Punktlage größer diesem Betrag ausgeschlossen werden konnten. Die Ergebnisse wurden anschließend gemittelt und als Sollposition für die weiteren Berechnungen festgesetzt. Ab Ende Februar 2004 erfolgten die GPS-Beobachtungen in einem monatlichen Rhythmus.

Die nachfolgenden Abbildungen 11 und 12 zeigen die Ergebnisse der monatlichen Kontrollaufnahmen zwischen März 2004 und November 2005.

Die Differenzen zu der gemittelten Sollposition liegen bei maximal 12 mm für die Lage- und Höhenkomponente und bestätigen die gute Zuverlässigkeit in der Reproduzierbarkeit der Positionsdaten. Es zeigt sich, dass auch bei ungünstigen Punktlagen horizontale und vertikale Bewegungen mit SAPOS®-Anwendungen im cm-Bereich nachweisbar sind und für derartige Beobachtungszwecke genügend genaue Aussagen liefern können. Bei near online Auswertungen liegen die Ergebnisse bereits kurz nach Messende vor.

Ab März 2005 wurde der Beobachtungspunkt zusätzlich mittels RTK-Verfahren unter Verwendung virtueller Referenzstationen im SAPOS®-Netz bestimmt. Die Beobachtungen erfolgten nahezu zeitgleich jeweils zu Beginn und Ende der statischen Beobachtungsaufzeichnungen. Der Vergleich beider Methoden sollte zeigen, welches Genauigkeitspotential RTK-Verfahren für Wiederholungsmessungen bieten.

Die Ergebnisse der RTK-Aufnahmen sind in den Abbildungen 13 und 14 wiedergegeben. Die Zeitreihen zeigen eine Wiederholungsgenauigkeit im Bereich unter 2 cm. Es ist geplant, die Beobachtungsreihe weiter fortzuführen und dabei zu klären, ob Mehrfachmessungen mit anschließender Mittelung Genauigkeitssteigerungen bringen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Am Beispiel eines Vermessungsbüros wurde die rasche Entwicklung beim Einsatz satellitengeodätischer Mess-

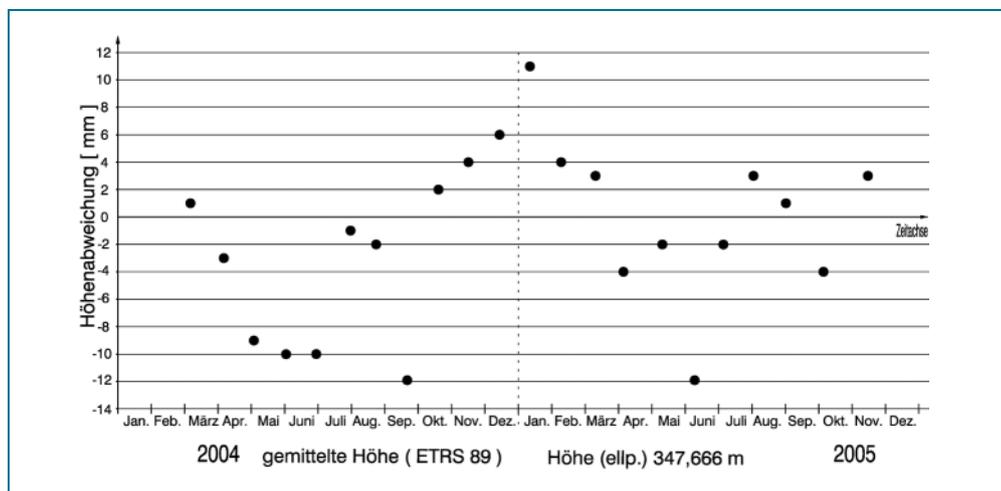


Abb. 12: Höhenabweichungen der statischen Bestimmungen zur gemittelten ETRS89-Position

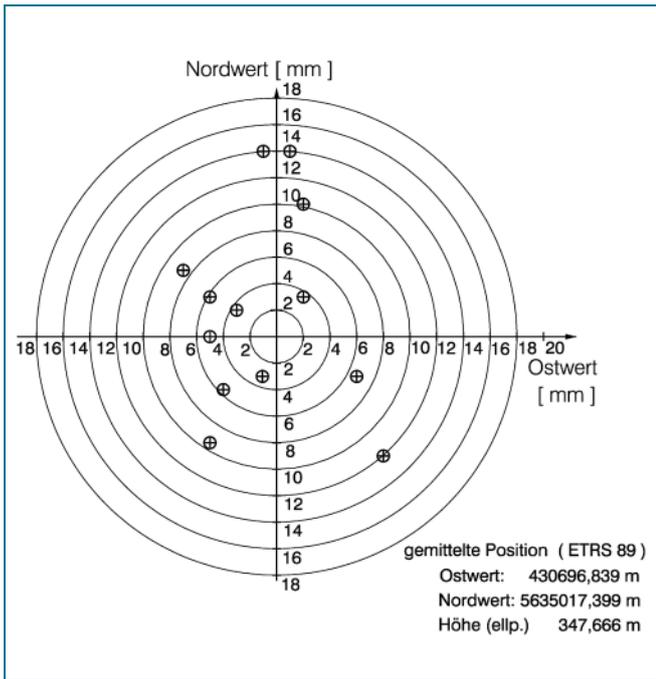


Abb. 13: Lageabweichungen der RTK-Bestimmungen bei Nutzung des SAPOS® HEPS-Dienstes (Vernetzung)

verfahren in der Praxis im Verlauf der letzten zwölf Jahre gezeigt. Anhand verschiedener Anwendungsbereiche wurde die Nutzung des SAPOS®-Dienstes sowie die Vorteile bei der Verwendung des ETRS89 als einheitliches Bezugssystem dargestellt. Dabei wurden die verschiedenen Vorgehensweisen, die Möglichkeiten aber auch Einschränkungen bei GPS-Anwendungen erläutert.

Die Erfahrungen zeigen, dass GPS-Anwendungen im Zusammenspiel mit Positionierungsdiensten wie SAPOS® ausreichende Genauigkeiten liefern, um den überwiegenden Teil der Vermessungsarbeiten zu erledigen. Die Arbeiten erfolgen dabei automatisch im ETRS89 als einheitliches Bezugssystem.

Derzeit sind noch Transformationen in die alten Gebrauchsnetze erforderlich, die jedoch bei konsequentem Aufbau eines homogenen raumbezogenen Datenbestan-

des im ETRS89 bald der Vergangenheit angehören sollten. Dieser homogene einheitliche Raumbezug liefert letztlich die Voraussetzungen für eine deutlich gesteigerte Produktivität und Effizienz bei Vermessungsarbeiten.

Literatur

DICK H.-G. (2002): GNSS-Antennen im SAPOS® – Baden-Württemberg. Schriftenreihe 44/2002, S. 136–148, Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart

FELDMANN-WESTENDORFF U. (2002): Zur hochgenauen Bestimmung von Normalhöhen mit GPS-Postprocessing und -Echtzeitverfahren in der Landesvermessung Niedersachsen. DVW-Schriftenreihe 44/2002, S. 224–246, Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart

ILLNER M. (2002): RTK-Messungen für genaue Ingenieuranwendungen In: GPS 2002: Antennen, Höhenbestimmungen und RTK-Anwendungen. DVW-Schriftenreihe 44/2002, S. 47–64, Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart

KUCKUCK H. (2005): Neue Sensortechniken, ein Paradigmenwechsel in der Vermessungspraxis. Vortrags- und Fortbildungsveranstaltung „Vermessungswesen aktuell – 2005“ DVW, Landesverein Nordrhein-Westfalen e.V., 3. November 2005 in Essen

SCHMIDT J.; MÖSER M.(2005) SmartStation von Leica Geosystems: Effizienzsteigerung durch neue Messtechnologie? In: Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 7/2005, S. 246–253, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg

WANNINGER L. (2004): Präzise kinematische Positionierung mit GPS. DVW-Schriftenreihe 45/2004, S. 61–73, Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart

Internet:

LvermA NRW <http://www.lverma.nrw.de/>
 SAPOS® <http://www.sapos.de/>

Anschrift des Verfassers:
 HEINZ-PETER BLUM,
 ÖbVI Stollenwerk & Kuckuck,
 Bahnstrasse 8, 50126 Bergheim,
 E-Mail: hp.blum@stollenwerk-kuckuck.de

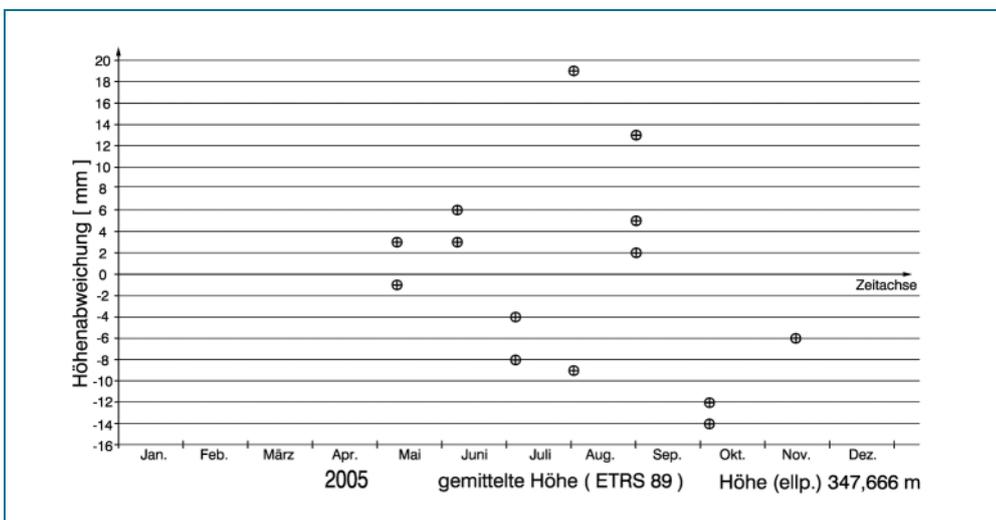


Abb. 14: Höhenabweichungen der RTK-Bestimmungen bei Nutzung des SAPOS®-HEPS Dienstes (Vernetzung)