

Beschluss 103/8 gemäß Nr. 5.1 der GO-AdV
TOP 3.18 der 103. Tagung des Plenums der AdV

Einsatz von satellitengestützten Vermessungsverfahren im Liegenschaftskataster

1. Die Studie des AK LK zum Einsatz von satellitengestützten Vermessungsverfahren im Liegenschaftskataster (Anlage) wird zustimmend zur Kenntnis genommen.
2. Den Mitgliedsverwaltungen wird empfohlen, die darin enthaltenen Grundsätze umzusetzen.

Begründung:

Die volle Operabilität von GPS und die zu erwartende Weiterentwicklung alternativer Satellitennavigationssysteme (GNSS/GNSS 2) verlangen schon aus Wirtschaftlichkeitsgründen den Einsatz satellitengestützter Vermessungsverfahren bei Katastervermessungen. Dies eröffnet neue Perspektiven für eine effiziente Aufgabenerledigung. Für die Vermessungsstellen, die unter Nutzung dieser Möglichkeiten Katastervermessungen durchführen, ist ein Handlungsrahmen vorzugeben, welcher die Voraussetzungen und Grundanforderungen an satellitengestützte Vermessungsverfahren festlegt.

In der Verantwortung der Vermessungsstellen liegt die Gewährleistung der Qualität der Vermessungsergebnisse, deren Weg zur Sicherstellung aufzuzeigen ist.

Auswirkungen:

Der Einsatz von GPS bei Katastervermessungen eröffnet neue Perspektiven für die wirtschaftliche Aufgabenerledigung, die sich mit zunehmender Anzahl an permanenten Referenzstationen noch steigern wird. Der Anschluß aller Katastervermessungen an das amtliche Lagebezugssystem wird realisierbar. Die Forderung nach flächenhafter und flächendeckender Einrichtung sowie Erhaltung des AP-Feldes mit entsprechender Vermarkung und Sicherung der AP erscheint nicht mehr vertretbar. Die Bestimmung temporärer unvermarkter Aufnahmepunkte wird an Bedeutung gewinnen.

Für die Vermessungsstellen, die GPS einsetzen, bedarf es ergänzender Verwaltungsvorschriften, die die neuen Vermessungsverfahren berücksichtigen.

Einsatz von satellitengestützten Vermessungsverfahren im Liegenschaftskataster

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation
2	Meßverfahren
2.1	Grundsätze
2.2	Real-Time-Verfahren
2.3	Postprocessing-Verfahren
2.4	Near-Online-Verfahren
3	Auswirkungen auf das Lagefestpunktfeld
3.1	TP-Feld
3.2	AP-Feld
3.2.1	Vorbemerkung
3.2.2	Einrichtung von Aufnahmepunkten
3.3	Vermarkung
4	Einsatz bei Katastervermessungen
4.1	Einsatzbereiche und Anforderungen
4.1.1	Allgemeines
4.1.2	Bestimmung von temporären Anschlußpunkten
4.1.3	Direkte Bestimmung von Objektpunkten
4.2	Prinzip der Nachbarschaft
4.3	Vergleich zwischen den GPS- und dem Polarverfahren
5	Auswertung
5.1	Bestimmung
5.2	Kontrolle
6	Überprüfung des GPS-Vermessungssystems
7	Nachweis
7.1	Vermessungsschriften
7.2	Prüfung
7.3	Archivierung
8	Zusammenfassung und absehbare Entwicklung

1 Ausgangssituation

Die volle Operabilität des Systems NAVSTAR-GPS und die Entwicklung weiterer Satelliten-Navigationssysteme ermöglichen die Einführung satellitengestützter Vermessungsverfahren (folgend kurz GPS-Verfahren genannt) für den Bereich der Katastervermessungen. Dies eröffnet neue Perspektiven für eine wirtschaftliche Aufgabenerledigung. Insbesondere wird der Anschluß aller Katastervermessungen an das amtliche Lagebezugssystem vor allem in spannungsfreien Gebieten auch unter diesem Gesichtspunkt realisierbar.

Die bisher für Katastervermessungen und Vermessungen im Aufnahmepunktfeld geltenden Forderungen bezüglich Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Punktbestimmung sind für satellitengestützte Verfahren beizubehalten. Für die Vermessungsstellen, die Katastervermessungen durchführen, sind Verwaltungsvorschriften erforderlich, welche die Voraussetzungen und Grundanforderungen an satellitengestützte Verfahren und die Auswirkungen auf den Einsatz bisheriger Vermessungsverfahren berücksichtigen. Dabei ist zu beachten, daß den Vermessungsstellen die Wahl des Verfahrens auf der Grundlage der vorhandenen technischen Ausrüstung überlassen bleiben muß.

Im Hinblick auf die Verantwortung der Vermessungsstellen – und hier insbesondere der Öffentlich bestellten Vermessungsingenieure – ist von entscheidender Bedeutung, welche Unterlagen als Vermessungsschriften vorzulegen und welche davon in das Liegenschaftskataster zu übernehmen sind.

2 Meßverfahren

2.1 Grundsätze

Grundsätzlich können alle herkömmlichen geodätischen Meßtechniken auch in Verbindung mit GPS-Verfahren für den Einsatz bei Katastervermessungen und Vermessungen im Aufnahmepunktfeld eingesetzt werden, wenn sie die dafür geltenden Anforderungen an Genauigkeit und Zuverlässigkeit erfüllen. Ein flexibler Einsatz aller herkömmlichen und satellitengestützten Verfahren auch in Kombination ist unabdingbar, da die offensichtlichen Vorteile von GPS-Verfahren durch z.B. Abschattungen oder Fehlereinflüsse wie Mehrwegeausbreitung und Störungen der Meßergebnisse aufgrund externer elektromagnetischer Einflüsse gemindert werden können. Auch kann – trotz grundsätzlicher Vorteile des GPS-Verfahrens – der Einsatz bisher üblicher Verfahren wirtschaftlicher sein.

Für Vermessungen im Aufnahmepunktfeld und bei Katastervermessungen kommen ausschließlich differentielle GPS-Verfahren (DGPS) zum Einsatz, die mindestens zwei Empfänger benötigen, um Satellitensignale simultan empfangen und auswerten zu können. In den meisten Fällen wird mindestens ein Empfänger ortsfest auf einer Referenzstation und ein Empfänger (Rover) mobil eingesetzt. Darüber hinaus ist die Messung ohne eine Referenzstation zulässig, wenn die GPS-Empfänger gleichzeitig auf einer Gruppe von Punkten eingesetzt werden (statisches Verfahren). Die in den amtlichen Positionierungsdiensten vorgesehenen Referenzstationen werden im weiteren als „permanente Referenzstationen“, die bei autarken Systemen projektbezogen eingesetzten Referenzstationen als „temporäre Referenzstationen“ bezeichnet.

Bei Vermessungen unter Verwendung temporärer Referenzstationen benötigt die Vermessungsstelle mindestens **zwei GPS-Empfänger**, von denen einer für die Dauer der Vermessung auf einem bekannten oder frei gewählten Standpunkt und der zweite Empfänger nacheinander auf den Anschluß- und Neupunkten aufgebaut wird.

Bei Vermessungen unter Verwendung permanenter Referenzstationen genügt den Vermessungsstellen jeweils ein (mobiler) **GPS-Empfänger**, da permanente Referenzstationen die Funktion des für die Dauer der Vermessung aufgebauten Empfängers im autarken Verfahren für alle im Umfeld tätigen Vermessungsstellen übernehmen. Hierzu werden von den permanenten Referenzstationen Daten empfangen, verarbeitet und auf Anforderung den Nutzern abgegeben.

Darüber hinaus können die permanenten Referenzstationen unter bestimmten Voraussetzungen das amtliche Lagebezugssystem repräsentieren.

Die Ergebnisse der GPS-Vermessung können im Felde direkt zur Verfügung stehen (Real-Time-Verfahren, Echtzeit-Verfahren), nach Auswertung vor Ort mit zeitlicher Verzögerung (near-online) oder erst nach häuslicher Auswertung (postprocessing). Bei Arbeiten im Liegenschaftskataster **mit abschließender Koordinatenermittlung** im Felde und bei Absteckungen mit GPS (Übertragung vorausberechneter Koordinaten in die Örtlichkeit) werden Real-Time- oder Near-Online-Verfahren benötigt.

2.2 Real-Time-Verfahren

Beim Real-Time-Verfahren werden die von zwei GPS-Empfängern empfangenen Daten sofort weiter verarbeitet und die Koordinaten der vermessenen Punkte berechnet. In der Regel genügt für die Vermessung eine Beobachtungsdauer von wenigen Sekunden, im Einzelfall kann auch eine längere Beobachtungszeit erforderlich sein. Voraussetzung für den Einsatz dieses Verfahrens ist eine Verbindung zwischen den beiden GPS-Empfängern zur Übertragung der Daten der Referenzstationen an den mobilen Empfänger. Die mögliche Entfernung zwischen den eingesetzten GPS-Empfängern wird daher durch das DGPS-Modell und vor allem durch die Reichweite der genutzten Funkverbindung eingeschränkt.

Bei dem geplanten Hochpräzisen Echtzeit Positionierungs Service (HEPS) ist die Übertragung der DGPS-Daten der permanenten Referenzstationen für eine zentimetergenaue (entfernungsabhängig 1 - 5 cm) Koordinatenbestimmung in Echtzeit über deutlich größere Entfernungen als bei autarken Systemen vorgesehen. Bezüglich der Einzelheiten zu den Verfahren wird auf die Zwischenberichte der AdV-Arbeitsgruppe „GPS-Referenzstationen“ verwiesen.

2.3 Postprocessing-Verfahren

Bei Postprocessing-Verfahren werden die empfangenen Daten durch jeden im Verfahren eingesetzten Empfänger gespeichert und nach Abschluß der örtlichen Arbeiten zur Auswertung und Koordinatenberechnung zusammengeführt. Die während der Vermessung gespeicherten Daten einer permanenten Referenzstation können durch feste Datenträger, ISDN-Kommunikation oder z.B. Telefon an die Nutzer übermittelt werden. Die mögliche Entfer-

nung zwischen den GPS-Empfängern hängt nur vom DGPS-Modell und damit von der Beobachtungsdauer ab. Datenfunkprobleme treten verfahrensbedingt nicht auf.

Erst nach Abschluß der Auswertung steht fest, ob die örtliche Vermessung den Anforderungen an Genauigkeit und Zuverlässigkeit genügt. Zur Vermeidung von Nachmessungen werden durch längere Empfangszeiten mehr Daten gespeichert, als für eine eindeutige Koordinatenermittlung notwendig sind. Terrestrische Folgevermessungen können wegen des Postprocessings erst mit entsprechender Verzögerung begonnen werden. Das Verfahren ist daher nur für die Aufmessung einzelner Punkte, nicht jedoch für Absteckungen geeignet. Die Bestimmung größerer Objektpunktmengen bei der Katastervermessung ist im Postprocessing-Verfahren aus den o.a. Gründen nach dem jetzigen Erkenntnisstand nur in Ausnahmefällen wirtschaftlich.

2.4 Near-Online-Verfahren

Der geplante Geodätische Präzise Positionierungs-Service (GPPS) ist near-online-fähig. Dieses Verfahren ist zwischen dem Postprocessing- und dem Real-Time-Verfahren angesiedelt. Die von den GPS-Empfängern gespeicherten Daten werden nach Abschluß der Beobachtung noch im Feld zusammengeführt und ausgewertet. Dazu werden bei autarken Systemen die Daten zwischen den Feldrechnern ausgetauscht. Bei der Nutzung von permanenten Referenzstationen können die Daten über Mobiltelefon an einen Feldrechner übertragen werden. Dieses Verfahren hat wie das Real-Time-Verfahren gegenüber dem Postprocessing-Verfahren den Vorteil, daß Messungsfehler oder eine unzureichende Zahl von Satellitendaten bereits vor Ort erkannt werden, Messungsfehler können sofort bereinigt werden. Darüber hinaus kann das Ergebnis unmittelbar für terrestrische Anschlußvermessungen oder Absteckungen mittels GPS-Verfahren genutzt werden. Der Nachteil gegenüber Real-Time-Verfahren ist, daß der Anwender dieses Verfahrens von sich aus Verbindung zur Referenzstation aufnehmen muß.

3 Auswirkungen auf das Lagefestpunktfeld

3.1 TP-Feld

Der Einsatz von GPS-Referenzstationen und der Betrieb von amtlichen Positionierungsdiensten werden die TP als Anschlußpunkte für das AP-Feld nicht mehr in der bisherigen Dichte erforderlich machen. Die Auswirkungen werden hier nicht näher erörtert.

3.2 AP-Feld

3.2.1 Vorbemerkung

Der Einsatz von GPS-Verfahren eröffnet insbesondere durch die Möglichkeit, auch einzelne Aufnahmepunkte mit der geforderten Genauigkeit und Zuverlässigkeit einzurichten, für das AP-Feld neue Perspektiven.

Die Forderung nach flächendeckender und flächenhafter Einrichtung und Erhaltung des AP-Feldes sowie die Anforderungen an die Vermarkung und Sicherung der AP sind vor dem

Hintergrund eines möglichen Einsatzes von GPS-Verfahren neu zu überdenken.

Die in der fachlichen Darstellung der AdV „**Koordinatenkataster – Grundsätze und Aufbau** –“ von November 1985 enthaltenen Grundsätze zur Einrichtung von Aufnahmepunktfeldern gelten in Bereichen, in denen das GPS-Verfahren nicht wirtschaftlich einsetzbar ist, uneingeschränkt weiter.

Einschränkungen an der bestehenden Konzeption zur Einrichtung, Erneuerung und Erhaltung des AP-Feldes kommen nur dort in Betracht, wo ein mit dem GPS-Verfahren bestimmter AP nachbarschaftsgetreu wiederhergestellt werden kann. Voraussetzung hierfür ist entweder ein landesweit spannungsfreies Netz (z.B. ETRS89) oder ein örtlich spannungsfreies Festpunktfeld mit genügend Paßpunkten, die aufgrund ihrer Genauigkeit und Zuverlässigkeit eine nachbarschaftsgetreue Einpassung des erneuerten AP gewährleisten.

Ein Lagefestpunktfeld auf der Grundlage des DHDN genügt diesen Anforderungen insbesondere bei Entfernungen von mehreren Kilometern zwischen Referenzstation und Neupunkt in der Regel nicht.

3.2.2 Einrichtung von Aufnahmepunkten

Bei Einrichtung von Aufnahmenetzen kann bei Einsatz des GPS-Verfahrens auf die „Füllung“ ganzer Maschen verzichtet werden, weil Zwänge aus der bei herkömmlichen Verfahren zufordernden Netzgeometrie entfallen. Daher eignen sich GPS-Verfahren u.a. für die Einschaltung einzelner Aufnahmepunkte, wenn ein Aufnahmepunktfeld nicht vorhanden ist, oder die bisherige Dichte des AP-Feldes nicht ausreicht. Mit dem Einsatz des GPS-Verfahrens besteht damit die Möglichkeit, AP gezielt dort einzurichten, wo sie für Katastervermessungen benötigt werden. In günstigen Fällen kann die Punktdichte des vorhandenen TP-Feldes ausreichen.

Mit der Neubestimmung einzelner ausgewählter AP wird das umgebende Lagefestpunktfeld innerhalb eines größeren zusammenhängenden Gebietes (z.B. Ortslage) verdichtet. Dabei sind die AP so auszuwählen, daß sie sowohl für GPS-Verfahren als auch für die weitere Verdichtung durch Richtungs- und Streckenmessungen geeignet sind.

Für die Bestimmung von einzelnen AP haben das Echtzeitverfahren oder das Near-Online-Verfahren Vorteile. Eine Postprocessing-Auswertung kann sich aber bei größeren Punktmengen in entsprechenden Vermessungsprojekten (z.B. bei bandförmigen Vermessungen) oder in Gelände, das keine ausreichende Datenfunkverbindung zuläßt, ebenfalls anbieten, wenn das Ergebnis erst später für weitere Vermessungen benötigt wird.

3.3 Vermarkung

In Gebieten, die eine Erhaltung von Aufnahmepunkten erfordern, müssen diese wie bisher entsprechend den länderspezifischen Bestimmungen vermarktet und gesichert werden.

In den übrigen Gebieten kann der Vermarkungs- und Sicherungsaufwand bei mit dem GPS-Verfahren bestimmten Aufnahmepunkten eingeschränkt werden oder ganz entfallen. Dies gilt insbesondere in Bereichen mit einem spannungsfreien Festpunktfeld gemäß Nr. 3.2.1.

4 Einsatz bei Katastervermessungen

4.1 Einsatzbereiche und Anforderungen

4.1.1 Allgemeines

Für den Einsatz bei Katastervermessungen und zur Bestimmung von Aufnahmepunkten müssen an das GPS-Verfahren insbesondere folgende Anforderungen gestellt werden:

- Ständige Verfügbarkeit von Raum- und Kontrollsegment
- Kontrollierbarkeit der Meßergebnisse
- Punktbestimmung mit Zentimetergenauigkeit.

Unter diesen Voraussetzungen sind grundsätzlich Postprocessing-, Real-Time-, und Near-Online-Verfahren einsetzbar. In Abhängigkeit vom Einsatzbereich sind allerdings weitergehende Anforderungen an das GPS-Verfahren zu stellen. Der Einsatz des GPS-Verfahrens im Rahmen von Katastervermessungen bietet sich neben der bereits beschriebenen Bestimmung von (dauerhaft vorzuhaltenden und vermarkten) Aufnahmepunkten in Bereichen mit spannungsfreiem Festpunktfeld für folgende Zwecke an:

- Bestimmung temporärer (unvermarkter) Anschlußpunkte für eine aktuelle Katastervermessung mit herkömmlichen Verfahren
- Aufnahme von Objektpunkten
- Absteckung von Objektpunkten

4.1.2 Bestimmung von temporären Anschlußpunkten

Bei Einsatz von GPS-Verfahren kann die Einrichtung von Aufnahmepunkten im Vorfeld einer Katastervermessung in geeigneten Fällen entfallen. Werden für eine Katastervermessung nur temporäre Anschlußpunkte bestimmt, wird auf deren dauerhafte Vermarkung, Sicherung und Einmessung verzichtet. Die Punkte werden nur vorübergehend gekennzeichnet und sollen bis zum Abschluß der Vermessungsmaßnahme sicherstellen, daß weitere örtliche Arbeiten auch mit herkömmlichen Verfahren durchgeführt werden können. Hierbei ist zu bedenken, daß Folgevermessungen wirtschaftlich dann i.d.R. nur noch mit GPS-Verfahren durchzuführen sind. Das Arbeiten mit temporären Anschlußpunkten führt zu weitergehenden Anforderungen an die GPS-Verfahren. Insbesondere sind dies:

- Real-Time-Verfahren bei Kommunikation mit Referenzstationen durch ständigen Empfang von Korrekturwerten oder ersatzweise
- Near-Online-Verfahren mit Meß- und Auswertezeiten für drei Anschlußpunkte von maximal einer Stunde.

Die Bestimmung der temporären Anschlußpunkte mit dem GPS-Verfahren und die herkömmliche Katastervermessung (z.B. elektronische Tachymetrie) können zeitlich parallel oder nacheinander durchgeführt werden. Für eine zuverlässige Auswertung der Katastervermessung sind mindestens 3 flächenhaft verteilt liegende Anschlußpunkte erforderlich, die eine homogene Einpassung in das Lagefestpunktfeld gewährleisten. Bei nicht flächenhafter Verteilung der Anschlußpunkte genügen auch zwei Anschlußpunkte, bei denen zur Prüfung der

Zuverlässigkeit mindestens je ein weiterer benachbarter Punkt in der Nähe des Anschlußpunktes zu benutzen ist.

An die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Bestimmung von temporären Anschlußpunkten werden die gleichen Anforderungen gestellt wie bei der Bestimmung von dauerhaften Aufnahmepunkten.

4.1.3 Direkte Bestimmung von Objektpunkten

Eine direkte Objektpunktbestimmung mit dem GPS-Verfahren ist nur in Sonderfällen wirtschaftlich. Sie sollte dann durchgeführt werden, wenn

- auf den meisten Punkten des Vermessungsprojekts Satellitensignale einwandfrei empfangen werden können
- kurze Meßzeiten ausreichen
- die Auswertung in Echtzeit erfolgen kann.

Diese Voraussetzungen sind z.B. bei Flurneuordnungsverfahren oder Erschließung von Neubaugebieten in offenen Feldlagen gegeben.

4.2 Prinzip der Nachbarschaft

In einem spannungsfreien Lagefestpunktfeld ist die Wahrung des Prinzips der Nachbarschaft zu Punkten, die mit Koordinaten in der jeweils höchsten Lagegenauigkeitsstufe vorliegen, auch ohne nachbarschaftstreue Einpassung in das Lagefestpunktfeld gegeben.

Bei Arbeiten in nicht spannungsfreien Gebieten ist eine nachbarschaftstreue Einpassung erforderlich. Beim GPS-Verfahren sind hierzu – ähnlich wie beim Polarverfahren mit Tachymeter – Anschlußpunkte und Neupunkte zusammen zunächst in einem örtlichen Koordinatensystem zu bestimmen und dann in das spannungsbehaftete Punktfeld zu transformieren. Die Größe des Transformationsgebietes hängt vom Ausmaß der Spannungen im übergeordneten Lagefestpunktfeld ab.

Unter diesen Voraussetzungen ist die Wahrung des Prinzips der Nachbarschaft auch bei Anwendung des GPS-Verfahrens in nicht spannungsfreien Gebieten möglich. Abhängig von der Güte des Lagefestpunktfeldes und der bereits vermessenen Objektpunkte ist unterschiedlich vorzugehen.

Die möglichen Ausgangssituationen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Zustand des Punktfeldes			GPS - Einsatz und Einpassung in das Lagefestpunktfeld
TP	AP	OP	
+	+	+	Für Lagefestpunkte und Objektpunkte liegen spannungsfreie Koordinaten vor. Der Einsatz des GPS-Verfahrens ist uneingeschränkt möglich. Eine nachbarschaftstreue Einpassung ist nicht erforderlich.
+	+	–	Objektpunkte sind wie bei herkömmlichen Vermessungsverfahren in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen Zustand aus der Nachbarschaft heraus zu untersuchen und können – wie Neupunkte – unmittelbar über alle GPS-Verfahren neu bestimmt werden. Es ist eine Einpassung durch Transformation erforderlich.
+	–	–	Aufnahme- und Objektpunkte sind wie bei herkömmlichen Vermessungsverfahren in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen Zustand aus der Nachbarschaft heraus zu untersuchen und können – wie Neupunkte – unmittelbar über alle GPS-Verfahren neu bestimmt werden. Es ist eine Einpassung durch Transformation erforderlich.
–	–	–	Aufnahme- und Objektpunkte sind wie bei herkömmlichen Vermessungsverfahren in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen Zustand aus der Nachbarschaft heraus zu untersuchen und können, – wie Neupunkte – unmittelbar über alle GPS-Verfahren neu bestimmt werden. Der Anschluß an das vorhandene Lagefestpunktfeld ist nur mit höherem Aufwand möglich. Die sofortige Bestimmung von ETRS89-Koordinaten bietet sich hier besonders an.

Tab. 1

In der Tabelle bedeuten: + spannungsfrei
 – nicht spannungsfrei

4.3 Vergleich zwischen den GPS- und dem Polarverfahren

Das Prinzip der Nachbarschaft kann bei Katastervermessungen entweder durch direkt ermittelte nachbarschaftliche Elemente oder durch Bezug auf ein Aufnahmepunktfeld mit anschließender Transformation und Verteilung der Restklaffungen gewahrt werden.

Das GPS-Verfahren mit einer Referenzstation ist analog zum Polarverfahren bei frei gewähltem Standpunkt zu sehen. Die im GPS-Verfahren bestimmten Raumvektoren von der Referenzstation zu den Anschluß- bzw. Objektpunkten entsprechen hierbei Richtung und Strecke vom Tachymeter zu den Anschluß- und Objektpunkten. In beiden Verfahren wird jeweils ein örtliches Koordinatensystem mit dem Referenzpunkt bzw. mit dem Tachymeterstandpunkt als Ursprung definiert. Dieses örtliche System stellt die originären Meßwerte dar. Das Prinzip der Nachbarschaft wird hierbei gewahrt durch den Anschluß an die Lagefestpunkte (TP und/oder AP) im Bereich der Vermessung. Dies ermöglicht die Berechnung von lokalen Transformationsparametern und damit die Berechnung von Koordinaten der weiteren Standpunkte des mobilen Empfängers im amtlichen Lagebezugssystem. Liegen im Vermessungsgebiet ausschließlich Koordinaten mit ausreichend hoher Lagegenauigkeitsstufe vor (z.B. im ETRS89), entfällt die Bestimmung lokaler Transformationsparameter, weil die Nachbarschaft durch die Genauigkeit des GPS-Verfahrens und die Homogenität des Punktfeldes gewährleistet wird.

Die Zusammenhänge im einzelnen sind in der Tab. 2 dargestellt.

Voraussetzungen/ Arbeitsschritte	Punktbestimmung beibehaltung von			
	Polaraufnahme mit freier Stand- punktwahl	GPS-Verfahren		
		mit temporärer Referenzstation	mit permanenter Referenzstation(en)	
			Lagefestpunktfeld nicht spannungsfrei	Lagefestpunktfeld spannungsfrei
Standpunkte				
Lage	frei gewählt		permanente Referenzstation(en)	
Sichtverbindung zu Anschlußpunkten	Voraussetzung, evtl. Exzentren in den Anschlußpunk- ten	nicht notwendig, statt dessen quasioptische Sicht zu Satelliten und permanente Funkverbindung		
lokale Anschluß- punkte				
Anzahl	mindestens 3			keine
Entfernung zum Standpunkt	unmittelbare Nach- barschaft	erweiterte Nachbarschaft		entfällt
Anschlußvermessung Bestimmungsele- mente	Richtungen und Strecken vom Stand- punkt zu den An- schlußpunkten	$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ zwischen temporärer Referenzstation und Anschlußpunkten	$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ zwischen perma- nenten Referenz- station(en) und An- schlußpunkten	entfällt
Ausgangskoordina- tensystem	lokal kartesisch mit Orientierung vom Standpunkt zu einem Anschluß- punkt	Koordinatendifferen- zen zw. der temporä- ren Referenzstation und den Anschluß- punkten im WGS 84	Koordinatendifferenzen zw. den perma- nenten Referenzstationen und Anschlußpunkten im WGS 84	
Berechnung: Transformationspara- meter Ausgangs- / Zielsystem	lokal (3 oder 4) Translationen (2) Rotation (1) evtl. Maßstab (1)	lokal (3 bis 7) Translationen (3) evtl. Rotationen (3) evtl. Maßstab (1)		landesweit ermittelt oder nicht notwen- dig, wenn Zielsystem = ETRS89
Objektpunkte				
Sichtverbindungen vom Standpunkt aus	Voraussetzung, evtl. Exzentren im Objektpunkt	nicht notwendig, statt dessen quasioptische Sicht zu Satelliten		
Vermessung	Richtungen und Strecken vom Stand- punkt zu den Objekt- punkten	$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ zwischen temporärer Referenzstation und Objektpunkten	$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ zwischen permanenter Referenzstation und Objektpunkten	
Berechnung mit nachbarschaft- licher Anpassung	Transformation in Zielsystem mit lokalen Parametern			Transformation in Zielsystem mit regio- nalen Parametern
ohne nachbarschaft- liche Anpassung (nur Gebiete mit Koordi- natenkataster)	nicht zulässig	Transformation in Zielsystem mit lan- desweit ermittelten Parametern	nicht zulässig	Transformation in Zielsystem mit lan- desweit ermittelten Parametern entfällt nach Einführung des ETRS 89

Tab. 2

5 Auswertung

5.1 Bestimmung

Vermessungen und Berechnung werden in Abhängigkeit des gewählten Verfahrens ausgewertet. Die Auswertung unterliegt der sachverständigen Entscheidung des Ausführenden, er übernimmt die Verantwortung für die Richtigkeit der Berechnungen. Es gelten die länderspezifisch festgelegten Grenzwerte für die zulässigen Abweichungen sowie die Anforderungen an die Genauigkeit und Zuverlässigkeit herkömmlicher Vermessungsverfahren.

5.2 Kontrolle

Die Messungen sind so anzuordnen und die Berechnungen so durchzuführen, daß die Bestimmung der Aufnahme- und Objektpunkte ausreichend vor groben Fehlern gesichert ist (Zuverlässigkeit). Die Kontrolle der GPS-Vermessung erfolgt durch Gegenüberstellung der Ergebnisse von mindestens zwei unabhängigen Messungen. Es gelten die größten zulässigen Abweichungen herkömmlicher Vermessungsverfahren.

6 Überprüfung des GPS-Vermessungssystems

Vor dem erstmaligen Einsatz eines GPS-Vermessungssystems muß eine Überprüfung der Meßausrüstungen und Auswerteprogramme über praktische Arbeiten im spannungsfreien Lagefestpunktfeld des jeweiligen Bundeslandes vorgenommen werden. Ansonsten wird die Überprüfung durch Messung in einem Testnetz empfohlen. In geeigneten Fällen können spannungsfreie Teile des vorhandenen Lagefestpunktfeldes diese Funktion übernehmen.

Die erstmalige Überprüfung umfaßt die Messung der Punkte des jeweiligen Testnetzes, die Auswertung durch die ausführende Vermessungsstelle und den anschließenden Vergleich der ermittelten Koordinaten mit den gegebenen Koordinaten.

Die fortlaufende Funktionskontrolle ergibt sich nach der Eignungsfeststellung im Rahmen der Arbeit in den jeweiligen Vermessungsprojekten durch die Verwendung von Punkten des Lagefestpunktfeldes als Anschlußpunkte. Sofern bei Vermessungen regelmäßig keine Anschlußpunkte verwendet werden, ist die periodische Überprüfung durch Messung in einem Testnetz erforderlich.

Die ausführende Vermessungsstelle übernimmt die Verantwortung für die Richtigkeit der Überprüfung.

Die Eignungsüberprüfung darf nicht als Zulassung (Typprüfung) bestimmter, firmenspezifischer GPS-Hard- und -Software aufgefaßt werden.

7 Nachweis

7.1 Vermessungsschriften

Bei Katastervermessungen und der Einrichtung von AP sind insbesondere folgende Unterlagen einzureichen:

- Graphische Darstellung der Messungsanordnung, ggf. schriftliche Erläuterungen
- Unverzerrte, ebene Koordinaten einschließlich Kontrolle der Meßwerte durch eine Gegenüberstellung der Ergebnisse zweier unabhängiger Messungen, ersatzweise die Ergebnisse einer Netzausgleichung
- Dreidimensionale geozentrische Koordinaten oder Raumvektoren als originäre Meßwerte für den Nachweis der AP, soweit länderspezifisch erforderlich
- Ergebnisse der Einpassung in das Lagefestpunktfeld (Anschlußpunkte, Restklaffungen, Maßstabsfaktor, Neupunktkoordinaten, Nachweis von Genauigkeit und Zuverlässigkeit).

7.2 Prüfung

Die vollständige Prüfung der Unterlagen auf Korrektheit der Verfahren und Unterlagen sowie die Einhaltung der größten zulässigen Abweichungen hat die zur Übernahme in das Liegenschaftskataster einreichende Vermessungsstelle selbst vorzunehmen und zu dokumentieren.

Eine Prüfung durch die katasterführende Behörde beschränkt sich auf eine Prüfung der Unterlagen auf Vollständigkeit und Vorschriftsmäßigkeit.

7.3 Archivierung

Die zu archivierenden Unterlagen sollten auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt werden. Erforderlich sind mindestens die:

- Graphische Darstellung der Messungsanordnung, ggf. schriftliche Erläuterungen
- Ergebnisse der Einpassung in das Lagefestpunktfeld (Anschlußpunkte, Restklaffungen, Maßstabsfaktor, Neupunktkoordinaten, Nachweis von Genauigkeit und Zuverlässigkeit)
- Dreidimensionale geozentrische Koordinaten oder Raumvektoren für Neuberechnungen im AP-Feld, soweit länderspezifisch erforderlich.

8 Zusammenfassung und absehbare Entwicklung

GPS-Verfahren sind grundsätzlich für den Einsatz im Liegenschaftskataster und für Vermessungen im Aufnahmepunktfeld geeignet. Die Wahl des speziellen GPS-Vermessungs- und Auswerteverfahrens richtet sich nach der Wirtschaftlichkeit, dem Vermessungszweck und den äußeren Gegebenheiten eines jeden Vermessungsprojekts. Eine direkte Bestimmung von Objektpunkten ausschließlich mit dem GPS-Verfahren wird jedoch nur in wenigen Fällen möglich sein, regelmäßig wird eine Kombination von GPS- und herkömmlichen Vermessungsverfahren erforderlich werden.

Der Einsatz von GPS-Verfahren für die Bereiche des Liegenschaftskatasters und des Aufnahmepunktfeldes setzt die Einhaltung aller bisher geltenden Kriterien für Genauigkeit und Zuverlässigkeit und damit eine Kontrolle der Auswertungen und eine Überprüfung der von den Vermessungsstellen eingesetzten GPS-Vermessungssysteme voraus. Die für die Übernahme einer Katastervermessung einzureichenden Unterlagen entsprechen im wesentlichen den Unterlagen bei Einsatz herkömmlicher Verfahren.

GPS-Vermessungsverfahren werden, insbesondere nach flächendeckender Verfügbarkeit der amtlichen Positionierungsdienste, weiter Einzug in den Bereich der Katastervermessungen halten, nach wie vor wird jedoch die Wirtschaftlichkeit die Wahl des Vermessungsverfahrens bedingen. Die Wirtschaftlichkeit der GPS-Verfahren wird sich mit zunehmender Anzahl von permanenten Referenzstationen steigern. Der Aufwand für ein Aufnahmepunktfeld wird sich dagegen vor allem in einem spannungsfreien Lagefestpunktfeld zukünftig verringern, da die derzeitige Punktdichte sowie eine flächendeckende Einrichtung nicht mehr erforderlich sein werden. Insbesondere in Lagen, die den Einsatz von GPS-Vermessungsverfahren erlauben, sollten ab sofort nur noch projektbezogen Aufnahmepunkte eingerichtet werden. Mit flächendeckender Verfügbarkeit der amtlichen Positionierungsdienste kann unter den genannten Voraussetzungen, nach einer Übergangszeit (Ausrüstung der Vermessungsstellen mit genügend GPS-Vermessungssystemen), auf die Einrichtung neuer AP verzichtet werden.

Vor dem Hintergrund der Möglichkeit einer direkten Objektpunktbestimmung ist die bisherige Forderung nach einem GPS-Tachymeter zu überdenken. Von den Herstellern sollten vor allem kompakte, modular aufgebaute, auch separat einsetzbare Kombinationen von GPS-Empfängern und elektronischen Tachymetern gefordert werden.