

GPS in der Bayerischen Verwaltung für Ländliche Entwicklung*

Von B. Seckl, Krumbach

1. Einleitung

Das Global Positioning System (GPS) war ursprünglich ein ausschließlich für militärische Zwecke entwickeltes Navigations- und Ortungssystem. Durch spezielle Meßverfahren, durch verbesserte Empfängertechnologie und schnellere Auswertemethoden erschien das GPS auch in der Geodäsie, und hier insbesondere in den Verfahren der Ländlichen Entwicklung, sinnvoll und wirtschaftlich einsetzbar.

Das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten beauftragte Ende 1992 die Direktion für Ländliche Entwicklung Krumbach/Schwaben, Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten von GPS in den Verfahren Dorferneuerung und Flurentwicklung zu untersuchen.

Nach praktischen Testmessungen mit Geräten verschiedener Hersteller und dem Auswerten der Meßdaten wurden die sieben Direktionen Bayerns 1994 mit neun und 1995 mit weiteren zwölf Geräten des WILD GPS-Systems 200 und der Auswertesoftware SKI ausgestattet. Jede Direktion verfügt derzeit über drei GPS-Empfänger mit Zubehör einschließlich Personalcomputer und Notebook für die Planung, Datenübernahme und Auswertung.

2. Anwendung von GPS in den Verfahren der Ländlichen Entwicklung

Die vermessungstechnischen Aufgaben in den Verfahren der Dorferneuerung und Flurentwicklung beinhalten das Bestimmen von flächenhaften Aufnahmenetzen, das Aufmessen des Verfahrensgebietes und das Abstecken der Grenzen der neuen Grundstücke.

2.1 Bestimmung von großräumigen Aufnahmenetzen

Wichtigste geodätische Aufgabe mit GPS in den Verfahren der Ländlichen Entwicklung ist ein großräumiges und engmaschiges Aufnahmenetz zu schaffen. Das Katasterfestpunktfeld der Vermessungsverwaltung wird durch

* Nach einem Vortrag, gehalten beim Seminar »Einführung in die Praxis der GPS-Messungen« des DVW-Landesverein Bayern am 15. März 1996 in München.

nachgeordnete Aufnahmenetzpunkte flächenhaft verdichtet und die Neupunkte in das vorhandene Punktfeld eingepaßt. Von diesen Aufnahmenetzpunkten aus werden die Kleinpunkte aufgemessen und die Abfindungsgrundstücke abgesteckt.

Als GPS-Meßverfahren wird das Verfahren »Rapid static« angewandt.

2.2 *Katastertechnische Kleinpunktaufnahme*

Für die katastertechnische Kleinpunktaufnahme müssen die GPS-Meßverfahren mit den herkömmlichen Meß- und Auswertemethoden konkurrieren, insbesondere mit der elektronischen Tachymetrie. Bei einer massenhaften Kleinpunktaufnahme im Nahbereich wird abzuwägen sein, ob ein Einsatz von satellitengestützten Verfahren zweckmäßig ist oder ob konventionelle Verfahren flexibler und schneller einsetzbar sind.

Als Kleinpunkte werden die Grenzen der gemeinschaftlichen und öffentlichen Anlagen, hierzu zählen Straßen, Wirtschaftswege, Biotope, Gewässer, die Grenze des Verfahrensgebietes sowie Gebäude und andere katastertechnisch interessierende Bestandteile geometrisch erfaßt; mit dem Ziel, für alle Punkte ebene Koordinaten im Landessystem zu erhalten.

Vergleichbar mit den konventionellen Meßmethoden für Kleinpunktbestimmung wäre das GPS-Verfahren »stop and go«, bei dem aber beim Transport der Antenne von einem zum nächsten Aufnahmepunkt der Kontakt zu den Satelliten nicht abreißen darf. Straßenunterführungen, Gebäude oder Wälder müssen großräumig umgangen werden. Diese Methode eignet sich vor allem für offenes, freies Gelände ohne Sichteinschränkungen.

2.3 *Aufsuchen und Abstecken von Punkten — Echtzeitvermessung —*

Seit 1995 steht dem Anwender GPS-Echtzeitvermessung zum Aufsuchen und Abstecken von Punkten nach Lage und Höhe zur Verfügung. Ein derartiges System besteht aus mindestens zwei Empfängern, zwei Funkmodems und einem Feldrechner. Die Meßdaten der Referenzstation werden über eine Funkstrecke kontinuierlich zum Rover übermittelt. Die Meßresultate sind, im Gegensatz zum bisher üblichen Postprocessing, somit noch während der Messung im Feld verfügbar. Real-Time-Vermessung verlagert die Auswertung und Wertung der Ergebnisse vom Innen- in den Außendienst. Notwendige Voraussetzungen sind ausreichende Rechner- und Funkleistung und entsprechend gut ausgebildete Bearbeiter vor Ort.

Real-Time-Vermessung ist derzeit in der Verwaltung für Ländlichen Entwicklung noch nicht im praktischen Einsatz. Dieses neue System stand bisher nur für Tests zur Verfügung.

3. Erfahrungen beim Einsatz der GPS-Technologie

Im folgenden Kapitel wird über Erfahrungen beim bisherigen Einsatz der GPS-Technologie in den Verfahren der Ländlichen Entwicklung berichtet.

3.1 Zahl der Empfänger

Die Zahl der einzusetzenden Empfänger ist stets ein Kompromiß zwischen Zeit, Aufwand und Personal.

Mit zunehmender Anzahl der Empfänger steigt die Produktivität an. Es hat sich als wirtschaftlich erwiesen, mit drei Empfängern, d. h. zwei beweglichen Rovern neben der Referenzstation, zu arbeiten. Der Einsatz eines 3. Empfängers als Rover bedeutet eine Verdoppelung der aufzunehmenden Punkte. Der gleichzeitige Einsatz mehrerer Empfänger erhöht die Zuverlässigkeit für das Gelingen der Meßkampagne; wenn ein Empfänger ausfällt, kommt nicht das gesamte System zum Erliegen.

Die Logistik setzt jedoch dem gleichzeitigen Einsatz sehr vieler Empfänger bald Grenzen. Viele Empfänger produzieren auch sehr viele Daten, deren Bearbeitung parallel zum Messungsfortschritt sehr viel Zeit in Anspruch nehmen kann.

3.2 Lage der Referenzstation

Die Messungen mit zwei oder drei Empfängern erfolgen so, daß Basislinien gemessen werden, die sternförmig um eine Referenzstation angeordnet sind. Die Lage dieser Zentralstation ist mit besonderer Sorgfalt auszuwählen, insbesondere im Hinblick auf Horizontfreiheit, denn ein Datenausfall kommt einem Systemzusammenbruch gleich.

Die Länge der Signalaufzeichnung ist von der Relativentfernung zur Referenzstation und von der Anzahl der empfangenen Satelliten abhängig. Bei Verfahrensgrößen von etwa 1500 bis 2000 ha überschreiten die Basislinien selten drei Kilometer. Es kann hier mit einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von wenigen Minuten (ca. 5—8 Minuten) gearbeitet werden.

Wegen der Punktabstände, der Fahrt- und Rüstzeiten bringen zu restriktive Meßzeiten keine großen Vorteile. Es ist besser, einige Minuten länger zu beobachten als eine fehlerhafte Aufnahme später wiederholen zu müssen.

Bei langgestreckten Projekten erscheint es sinnvoll, das Gebiet in mehrere Abschnitte zu unterteilen; für jeden Abschnitt dient ein günstiger Punkt wieder als Referenzstation. Die Referenzstationen sind untereinander mit Messungen und zwei bis vier Kontrollpunkte zu verbinden. Durch mehr Referenzstationen lassen sich kürzere Basislinien und damit kürzere Verweilzeiten auf den Aufnahmepunkten erreichen.

3.3 Erkunden der GPS-Aufnahmenetzpunkte

Zunächst sind alle Ausgangspunkte, die zur Einpassung in das vorhandene Katasterfestpunktfeld vorgesehen sind, in der Örtlichkeit aufzusuchen und auf ihre Eignung für GPS zu überprüfen. Sie müssen für GPS-Beobachtungen einwandfrei zugänglich sein, über ausreichende Horizontfreiheit verfügen und die Gefahr von negativen Mehrwegeinflüssen ausschließen.

Wird bei dem Erkunden festgestellt, daß Abschattungshindernisse vorliegen, dann kann für die nachfolgende Besetzung mit GPS-Antennen ein Abschattungsprofil erstellt werden, das bei der Planung der Besetzungszeiten wertvolle Hilfe bietet. Zu viele Einschränkungen durch Satellitenanzahl, Satellitengeometrie, Abschattungen o. ä. engen den Einsatz von GPS stark ein.

Für den koordinatenmäßigen Anschluß des Verfahrensgebietes an weit entfernte übergeordnete Punkte kann auf arbeits- und zeitintensive Zwischenpunkte verzichtet werden; die Form des Netzes ist vernachlässigbar.

Die Bedürfnisse der Folgemessungen sind zu beachten. Der Aufnahmenetzpunkt muß sowohl für GPS (Horizontfreiheit) als auch für terrestrische Messungen (Orientierungsmöglichkeit von Richtungssätzen) geeignet sein. Die Dichte der mit GPS bestimmten Aufnahmenetzpunkte ist im Idealfall so angelegt, daß alle nachfolgenden Kleinpunkte mit einem rechnergestützten Tachymeter direkt im Feld meßbar und koordinierbar sind.

3.4 Punktvermarkung

Alle aufzunehmenden Netz- und Kleinpunkte müssen für einen direkten Aufbau der Antenne mittels Stativ oder Lotstock über dem Punkt geeignet sein. Für den praktischen Einsatz hat es zur Folge, daß Kirchtürme, Masten, Silos, Gebäudeecken, Bäume, usw. nicht mit GPS-Empfangsantennen direkt besetzbar und damit meßbar sind. Bei Grenzpunkten ist zu beachten, daß ihre Lage vorrangig rechtlichen Zwängen unterliegt und nicht nach GPS-

meßtechnischen Gesichtspunkten frei wählbar ist. Der Einsatz für ingenieurtechnische Aufgaben, z. B. Bestandsaufnahme im Dorf für Planungszwecke, ist eingeschränkt.

3.5 Zuverlässigkeit

Auf eine Überbestimmung kann nicht verzichtet werden. Die wiederholte Aufnahme von Punkten ermöglicht eine durchgreifende Kontrolle der Ergebnisse, so daß Fehlfunktionen der Empfänger, Aufstellfehler, Signalverluste oder falsche Antennenhöhen aufgedeckt werden können. Anschluß- und Neupunkte werden mindestens zweimal unabhängig mit Antennen besetzt, wobei die Beobachtungen mit deutlich veränderter Antennenhöhe und zu verschiedenen Zeitpunkten mit anderen Satelliten (unterschiedliche Satellitenkonstellationen) erfolgen. Als unabhängig ist nicht die gleichzeitige Messung von Basislinien zu zwei Referenzstationen zu bezeichnen.

Die Güte und Zuverlässigkeit der Beobachtungen kann durch die Gegenüberstellung der Ergebnisse aus den Doppelmessungen beurteilt werden. Beim Vergleich hat sich in Einzelfällen gezeigt, daß trotz gelöster »Ambiguities« nicht klärbare Differenzen zwischen den beiden Messungen im Bereich von wenigen Dezimetern bis mehrere Meter lagen.

Doppelaufnahmen benötigen eindeutige Punktdefinitionen in Lage und Höhe, um die Antennenhöhe über dem Punkt mit ausreichender Millimetergenauigkeit bestimmen zu können.

3.6 Störeinflüsse

Es hat sich als wertvoll erwiesen, wenn bei Punkten innerhalb Ortschaften oder neben stark befahrenen Straßen die Antenne mit einer Verlängerung auf das Stativ oder den Lotstock aufgesetzt wurde. Eine Verlängerung von nur wenigen Dezimetern führte bereits zu erheblich weniger Signalunterbrechungen durch vorbeifahrende Kraftwagen.

Die Reflexion der Signale an glatten vertikalen Flächen führt infolge der Mehrwegausbreitung zu unkontrollierbaren Signalverzerrungen und Fehlmessungen. Dies kann bei einem in unmittelbarer Nähe der Antenne geparkten PKW, nahen Verkehrsschildern oder glatten Hauswänden möglich sein.

Auch aktive Sendeanlagen oder starke Richtfunkstrecken können den Signalempfang negativ beeinflussen. Nicht bestätigt werden kann die Vermutung, daß Gewitter zu Signalverfälschungen oder Stromunterbrechungen beim WILD GPS-System 200 führen.

3.7 Witterungsunabhängigkeit

GPS kann bei jeder Tages- und Nachtzeit, bei jedem Wetter, ob Regen, Schnee oder Nebel eingesetzt werden. Bei dichtem Schneetreiben, Sichtweite etwa zehn Meter und hoher Schneedecke wurden GPS-Beobachtungen ohne negative Auswirkungen sowohl für Controller und Sensor als auch für das Personal durchgeführt.

3.8 Personal

Das Konzept mit der Referenzstation und unabhängig voneinander arbeitenden mobilen Empfängern hat den Vorteil, daß jedem Beobachter ein Teil des Messungsgebietes zugewiesen wird, innerhalb dem die Beobachtungen nach praktischen Gesichtspunkten angeordnet werden können.

Erfahrene Operateure sind notwendig, um auf Grund von Fehlfunktionen des Systems die entstehenden Ausfallzeiten so gering wie möglich zu halten. Je erfahrener und geschulter ein Operateur ist, desto schneller und sicherer lassen sich geeignete Maßnahmen ergreifen, um auftretende Fehler zu beseitigen.

Mögliche Fehlfunktionen wären Stromunterbrechungen, Signalunterbrechungen infolge Mehrwegeinflüssen, weniger Satelliten als vorausberechnet und damit schlechtere Geometriebedingungen, Empfang von Signalen nur auf der L1-Frequenz und nicht gleichzeitig auch auf der L2-Frequenz, o. ä. Sie erfordern selbständige Entscheidungen des Beobachters vor Ort, z. B. die Beobachtungszeit ausreichend zu verlängern oder die Messungen zu einem späteren Zeitpunkt nachzuholen.

3.9 Feldbuchführung

Die Controller können für die Messung und Auswertung interessierende Kontrolldaten anzeigen und abspeichern. Es hat sich gezeigt, obwohl dies oberflächlich betrachtet als Rückschritt angesehen werden könnte, daß auf das Führen eines analogen Feldbuches nicht verzichtet werden kann. Beobachter und Auswerter sind i. d. R. nicht identisch, deshalb werden vom Beobachter für die Auswertung und Würdigung der Ergebnisse wichtige Informationen festgehalten, z. B. unterschiedliche Signalaufzeichnung auf der L1- und L2-Frequenz, Signalunterbrechungen, Antennenhöhen, besondere Vorkommnisse usw.

Beim Einlesen der Rohdaten von der Speicherkarte in die Datenbank des Auswerteprogramms sind die registrierten Felddaten mit den Feldbuchaufschreibungen zu vergleichen und gegebenenfalls zu ändern.

3.10 Auswertung

Die Geräteausstattung mit Personalcomputer und Notebooks ist so angelegt, daß die Auswertungen parallel zur Messung erfolgen. Die Berechnungen sind an der Direktion oder im Außendienstquartier entweder noch am Abend oder am folgenden Tage möglich. Bereits im Außendienst ist auch zu prüfen, ob die GPS-Messungen mit dem Ausgangsnetz übereinstimmen. Erforderliche Entscheidungen, z. B. etwaige Nachmessungen, können ohne Zeitverzögerung sofort getroffen werden. Nachmessungen sind günstiger und sicherer als Manipulationen an dem Beobachtungsmaterial.

Im Gegensatz zur Bedienung der Empfänger werden an die Mitarbeiter für die Auswertung höhere Anforderungen gestellt und Erfahrung gefordert. Ohne Grundkenntnisse von System, Meßverfahren und Auswerteprogramm ist eine korrekte Interpretation und Wertung der Ergebnisse nicht möglich.

Die Ergebnisse der Basislinienberechnung, die anschließende Überführung der WGS 84-Koordinaten in das jeweilige Gebrauchssystem mit den Transformations- und Interpolationsmodellen des Auswerteprogramms erfordern sachgerechte Entscheidungen. Lage und Anzahl der Paßpunkte, Aufteilung in Transformationsblöcke, Art und Wirkung des gewählten Transformations- oder Interpolationsverfahrens und Wertung der Restklaffungen verlangen geodätisches Fachwissen.

Extrapolationen oder Anhäufung von Paßpunkten in Punktnestern schließen sich bei sachgerechter Anwendung von vornherein aus. Nachbarschaftsprobleme und Inhomogenitäten im Netz sind nicht zu unterschätzen.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Praktische Anwendungen haben die hohe Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit des Global Positioning Systems, insbesondere im schwierigem Gelände, bestätigt.

Es hat sich als geeignetes Instrument erwiesen, amtliche trigonometrische Festpunktfelder zu verdichten, Aufnahmenetze einzurichten und vorhandene Netze zu überprüfen. Die Erwartungen hinsichtlich Genauigkeit, Schnelligkeit und Wirtschaftlichkeit wurden erfüllt oder sogar übertroffen.

Auch wenn bei der Verwaltung für Ländliche Entwicklung der Einstieg in die Satellitenvermessung begonnen hat, so bedeutet dies nicht, daß die herkömmlichen Meßgeräte und Meßmethoden, z. B. elektronische Tachymetrie, gänzlich verdrängt werden. Es gibt hier kein »entweder — oder«, sondern jede Methode hat ihre Stärken und Schwächen, die es zu beachten und sinnvoll einzusetzen gilt.

Bei kurzen Punktabständen mit hohen Punktdichten erscheint das satellitengestützte Meßverfahren zur Zeit noch nicht wirtschaftlich einsetzbar. Der Einsatz von GPS stößt dann an eine Grenze, wenn keine freie Sicht zu den Satelliten wegen Gebäude, Bäume o. ä. möglich ist.

Inwieweit das Echtzeit-GPS-System bei Absteckungen und zur Suche von Punkten in den Verfahren der Ländlichen Entwicklung Eingang finden wird, müssen Geräteentwicklungen und weitere praktische Tests zeigen. Echtzeitmessung mit GPS erscheint in kleinräumigem, offenem Gelände vorteilhaft, wo sehr viele Punkte abgesteckt oder eingemessen werden sollen.

Es ist erklärter Wille der AdV und der Bayerischen Vermessungsverwaltung das europaweite dreidimensionale GPS-Referenzsystem ETRS 89 einzuführen. Es soll als einheitliches Bezugssystem im vereinigten Deutschland und in Europa dienen. Die Verwaltung für Ländliche Entwicklung wird sich anschließen und ihre GPS-Messungen an einen ETRS 89-Bezugspunkt anbinden.