

GPS-Einsatz am Bayerischen Landesvermessungsamt im Lagefestpunktfeld Nordbayerns im Außendienst 1995*

Von A. Feigel, München

1. Organisation und Zusammenarbeit mit anderen Dienststellen

Die zuständige Außendienstabteilung hatte ganz Nordbayern, also eine Fläche von ca. 35 000 km² zu bearbeiten. Es waren Aufträge der Direktionen für Ländliche Entwicklung, der Bezirksfinanzdirektionen und der Vermessungsämter zu erledigen. Daneben waren noch Aufträge der eigenen Dienststelle abzuwickeln, darunter vor allem Arbeiten im übergeordneten D-Netz und im Feld der dauerhaft luftsichtbaren Paßpunkte für die Photogrammetrie. Bei der Größe des Gebiets und der räumlichen Verteilung der Aufträge waren, neben den vermessungstechnischen Fragen, vor allem organisatorische und logistische Probleme zu bewältigen. Deshalb soll hier besonders auf diese Fragestellung eingegangen werden.

1.1 Organisation und Ausstattung der Außendienstabteilung Nordbayern

Die Abteilung bestand aus insgesamt 19 Personen. Ein Außendienstabteilungsleiter, vier Truppleiter (geh. Dienst), ein Mitarbeiter des mittleren Dienstes, vier Mitarbeiter des einfachen Dienstes und neun Saisonvermessungsarbeiter. Zeitweise waren noch weitere Kräfte eingesetzt, die zum Teil von anderen Dienststellen stammten. Ferner wurden Praktikanten, Anwärter des gehobenen Dienstes oder Anwärter des mittleren Dienstes und Referendare beschäftigt, um das Pensum zu schaffen. Als Besonderheit sei noch erwähnt, daß während des Einsatzes an der tschechisch-bayerischen Grenze zwei Pensionisten abwechselnd als Dolmetscher für ca. drei Wochen zur Verfügung standen. Einer davon war ein Polizeioberkommissar a. D. der früher an der tschechisch-bayerischen Grenze Dienst getan hatte.

Gegen Außendienstende standen neun Fahrzeuge zur Verfügung: acht VW-Busse, davon fünf mit Allradantrieb, sowie als Fahrzeug für Zentralstationen und als Verbindungsfahrzeug ein Opel Astra (Kombi). Es mag als Luxus erscheinen, daß fünf allradgetriebene Fahrzeuge eingesetzt wurden, aber vor Ort zeigte es sich, daß auch im Flachland auf den heute üblichen Wirt-

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

schaftswegen ein Allradfahrzeug zwischen 10 und 50 % mehr an Punkt-leistung bringt als ein konventionelles Fahrzeug. Dies gilt insbesondere für regenfeuchte Wege. Durch Einsatz von Privatfahrzeugen und »Leihfahrzeu-gen« anderer Dienststellen waren bis zu zwölf Fahrzeuge im Einsatz. Als Meßausrüstung wurden sechs Wild-Theomate (T 1610) mit Husky-Hun-ter als Datenerfassungsgerät verwendet. Weiter wurden sieben GPS-Emp-fänger (Systeme Leica 200, Zweifrequenzempfänger), davon drei mit exter-ner Antenne (Leica 200 E) eingesetzt. Die externen Antennen waren für den Einsatz auf Vermessungsmasten bestimmt. Für Einsätze in schwierigem Gelände wurden insgesamt vier Vermessungsmasten zwischen 15 und 30 Metern Länge mitgeführt. Für die Arbeiten in übergeordneten Netzen, C-Netz (ca. 25 km Punktabstand) und D-Netz (ca. 13 km Punktabstand) waren die Zweifrequenzgeräte unerlässlich. Aber auch in kleinräumigen Ver-messungsgebieten ist für die Rapid-Static-Methode der Einsatz von Zwei-frequenzgeräten erforderlich.

1.2 Darstellung einer »Idealkonfiguration« einer Außendienststeinheit (Ergebnis mehrjähriger Erfahrungen)

Es hat sich gezeigt, daß ein Trupp mit zwölf Mann, fünf Fahrzeugen, vier GPS-Empfängern und zwei Vermessungsmasten sowie der notwendigen Zusatzausstattungen in einem Gebiet von ca. 17 000 km² am effizientesten arbeiten kann. Effizient in mehrfacher Hinsicht: Zum einen ist der Bereich überschaubar, sowohl das Gebiet, als auch der »Troß«, zum andern ist Per-sonal und Ausrüstung aufeinander abgestimmt, d. h. bei entsprechender Ein-teilung laufen Erkundung und Messung parallel. Damit ist gewährleistet, daß die Abteilung fortlaufend gleichmäßig ausgelastet ist. Während ein Trupp (siehe *Abb. 1*) noch erkundet, kann ein weiterer gerade die »letzten« Vermarkungsarbeiten erledigen und gegebenenfalls noch Nebenstände ein-messen, soweit das noch nicht bei der Erkundung geschehen ist. Unterdes-sen kann der betreffende Truppleiter die Projektkarte zeichnen, den Be-obachtungsplan für die GPS-Messung entwerfen und die Veränderungen am bestehenden Punktfeld dokumentieren. Im sogenannten Vorbericht werden geänderte Pfeilerhöhen ebenso erfaßt, wie neu hinzugekommene Neben-stände oder neue Stammpunkte und deren Vermarkung. Auch Anmessun-gen, die im Feld nur skizziert werden, können in dieser Phase ausgearbeitet werden.

Gleichzeitig kann ein weiterer Trupp, der personell verstärkt wurde, mit drei Dienstfahrzeugen, einem Privatfahrzeug (auf der Zentralstation), vier GPS-Empfängern und vier bis fünf Mitarbeitern die GPS-Messungen für ein Pro-jekt erledigen. Für schwierigere Aufgaben, wie Mastaufstellungen, können

kurzfristig Leute der beiden anderen Trupps aushelfen, indem sie ihre Arbeiten für ein bis zwei Tage unterbrechen. Dadurch, daß die aus zwölf Personen bestehende Abteilung überwiegend einen Geschäftsort hat, ist jederzeit ein Umgruppieren und eine Schwerpunktbildung möglich. Dies gilt auch für den Innendienst. Hier können sich zwei Ingenieure bei der Auswertung, die möglichst noch am Tag der Messung durchgeführt werden sollte, gegenseitig helfen. Dies ist insbesondere bei der Einpassung ins bestehende Punktfeld von Vorteil. Problemfälle und »Abnahme« der Koordinaten werden mit dem zuständigen Vermessungsamt geklärt.

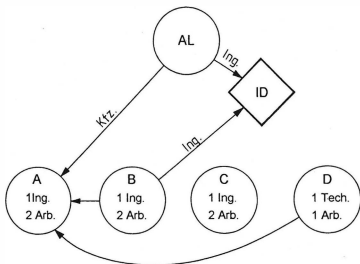


Abb. 1: Beispiel: Trupp A wird von B und D verstärkt, C erkundet weiter in seinem Gebiet. Der Abteilungsleiter (AL) und der Ingenieur von B bleiben im Innendienst (ID) und werten aus oder machen Ausarbeitungen. Der Techniker vom Trupp D leitet beispielsweise Mastaufstellungen, lotet den Vermessungsmasten ab und setzt ihn gegebenenfalls um.

1.3 Zusammenarbeit mit anderen Dienststellen am Beispiel der Vermessungsämter

Als Beispiel für die Zusammenarbeit mit anderen Dienststellen (siehe Abb. 2) sollen hier die Vermessungsämter aufgeführt werden, da sie in der Regel die unterschiedlichsten Anforderungen stellten und die differenziertesten Probleme hatten, bei denen wir unterstützend mitwirken konnten.

Zunächst ist vorzuschicken, daß im Außendienst bei der Gruppe II 1 (Lagefestpunktfeld-Triangulierung) seit jeher projektorientiert gearbeitet wurde. Mit Einführung von GPS wurde diese Arbeitsweise noch sinnfälliger. Dabei wird die Arbeitsteilung und Organisationsstruktur des Außendienstes verständlich. Der Außendienstabteilungsleiter (AL) definiert mit den Auftraggebern von den Bezirksfinanzdirektionen, den Direktionen für Ländliche Entwicklung und den Vermessungsämtern das Projekt und beauftragt einen Trupp mit der Ausführung der Arbeiten. Der betreffende Trupp bearbeitet das Projekt von der Erkundung bis hin zur Auswertung und Ausarbeitung. Gegebenenfalls vereinbart der Außendienstabteilungsleiter einen Ortstermin mit den Auftraggebern, um die spezielle Problematik eines Projektes zu erkunden. Der Truppführer seinerseits kann auftretende Probleme sofort vor Ort selbst lösen und so das Projekt im konkreten Fall problembezogen abändern. Ebenso können verschiedene Sachgebiete der Gruppe II 1 ein Projekt mitgestalten, wenn es erforderlich ist. Beispielsweise kann Sg. II 1 b (Berechnungen im Lagefestpunktfeld) aus Überlegungen zur Netzeinpassung den Auftrag erteilen, daß ein Projektgebiet ergänzt wird. Koordinaten von Katasterfestpunkten können in der Regel vor Ort im Außendienst in Zusammenarbeit mit dem Vermessungsamt (VA) berechnet werden. So entsteht kaum ein Zeitverlust und wichtige Vermessungsaufträge können stetig weiter bearbeitet werden. In Gebieten mit größeren Netzspannungen kann es erforderlich sein, daß Sg. II 1 b unterstützend eingreift. Im Innendienst wird dann vor allem die Prüfung und die Einpassung von umfangreichen Punktfeldern vorgenommen. Auftretende Probleme werden dann direkt von der Gruppe II 1 b mit dem betreffenden Vermessungsamt geklärt.

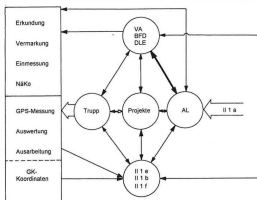


Abb. 2: Zusammenarbeit mit anderen Stellen

1.4 GPS-Einsatz bei der Gruppe Lagefestpunktfeld (II 1) der Bayerischen Landesvermessung

Vorgehensweise

Grundsätzlich wurde der Bezug zum Referenzsystem ETRS 89 hergestellt, d. h. der Zentralpunkt in der Mitte des Vermessungsgebietes wurde durch mindestens zwei Vektoren an das übergeordnete Netz angeschlossen. Die Koordinaten für den Zentralpunkt wurden ermittelt und in die nachfolgende Auswertung eingebracht.

Begründung

Es sollte ein einheitliches Koordinatenfeld geschaffen werden in Übereinstimmung mit den AdV-Beschlüssen. Diese ETRS 89-Koordinaten sind Stützpunkte für den Übergang von Gauß-Krüger-Koordinaten auf »UTM«-Koordinaten im europäischen Rahmen.

Messung

Mit Ausnahme bei den Messungen für das C- bzw. D-Netz wurde grundsätzlich nach der Rapid-Static-Methode gemessen, d. h. ein Gerät stand auf dem Zentralpunkt und die Massepunkte wurden in zwei Aufstellungen beobachtet, wobei mindestens zwei Stunden Zeitunterschied zwischen den Beobachtungen sein sollten (besser 6 Stunden). Die Beobachtungszeit für eine Aufstellung betrug ca. 10 Minuten (60 — 100 Epochen). In jedem Projektgebiet wurden möglichst viele TPs beobachtet, die das Vermessungsgebiet umschlossen. »Alte« TPs im Vermessungsgebiet wurden selbstverständlich mitbeobachtet im Hinblick auf die Nachbarschaftsgenauigkeit bei der nachfolgenden Einrechnung der Neupunkte. Die Netzverdichtung beinhaltet TP und falls erforderlich auch KFPs.

Auswertung

Ausgewertet wurde mit der Software SKI von Leica. Zwischen zwei Beobachtungen eines Punktes wurde für TPs die Toleranz (= erlaubte Differenz der Doppelmessung) von 2 — 2,5 cm eingehalten, wobei die Hälfte bis zwei Drittel dieser erlaubten Differenz auf die »Höhe« des Punktes entfielen. Die Toleranz bei den KFPs wurde mit 4—5 cm angesetzt; auch hier war in der Regel mindestens die Hälfte der Differenz der Höhenkomponente zuzuordnen. Anschließend wurden die Neupunkte transformiert, dabei dienten die Alt-TPs als Paßpunkte mit Lage- und Höheninformation. Das Ergebnis waren Näherungskoordinaten. Die endgültige Auswertung mit Nebenstän-

den und »Wegstellen« der Restklaffungen in den Altpunkten geschah mit am LVA vorhandenen Programmen. Die Koordinaten der KFPs wurden mit dem VA zusammen begutachtet und konnten i. d. R. dann als endgültig gelten, d. h. das VA konnte dann die Koordinaten übernehmen.

Ergebnisse

Den Vermessungsämtern wurden am Ende der letzten Außendienstperiode die Gauß-Krüger-Koordinaten der KFPs, dazu NN-Höhen aus der Transformation und geozentrische 3D-Koordinaten, bezogen auf ETRS 89, übergeben.

Archivierung

Am LVA wurden RINEX-Files der Beobachtungen archiviert, weiter wurden 3D-Koordinaten der beobachteten Punkte im ETRS 89 (als Stützpunkte für den Übergang zu UTM-Koordinaten) aufbewahrt, ebenso die dreidimensionalen Differenzvektoren (Basislinien). Gerade die Differenzvektoren sind besonders interessant, da sie durch einfache Translation auf das Geozentrum bezogen werden können.

Nacharbeiten

Am LVA wurden die Verfahren, insbesondere die Berechnung der neuen TP's überprüft und die endgültigen Gauß-Krüger-Koordinaten der TP's bestimmt und dem TP-Speicher hinzugefügt.

2. Einsatz im Gebiet Nordbayern

2.1 Arbeiten im »D-Netz«

Das Bayerische Landesvermessungsamt unterscheidet im Referenzsystem ETRS 89 folgende Netze:

A-Netz = EUREF (5 Punkte in Bayern)

B-Netz = DREF (25 Punkte in Bayern)

C-Netz = C-Netz Bayern (140 Punkte)

D-Netz = D-Netz Bayern (400 Punkte)

Der Punktabstand im C-Netz beträgt ca. 25 km. Um nun möglichst vielen GPS-Anwendern den Zugang zum künftig europaweit einheitlichen Bezugssystem zu ermöglichen, wird eine weitere Verdichtungsstufe (D-Netz) ver-

wirklicht. Die Arbeiten wurden 1995 begonnen, wobei in Nordbayern ca. 40 Punkte gemessen wurden. Der Punktabstand sollte dabei etwa 12 km betragen. Folgende Vorgaben sind beim Aufbau des D-Netzes einzuhalten:

Vermarkung: Granitplatte (30 × 30 cm) 0,7 m tief, mit 4 mm-Bohrloch meist einbetoniert;

Messung: 2 × 3 Std., wobei eine Beobachtung am Vormittag und eine am Nachmittag vorgenommen wird;

Auswertung: Mit der Berner Software oder SKI (L3-Lösung);

Genauigkeit: Es wird eine Genauigkeit von etwa 2 cm angestrebt.

Nach Fertigstellung des D-Netzes ist kein Vermessungsgebiet mehr als 6 — 7 km vom nächsten ETRS 89-Anschluß entfernt, d. h. jeder GPS-Anwender kann mit den ihm zur Verfügung stehenden Mitteln Koordinaten im neuen europäischen Bezugssystem erzeugen. Im Hinblick auf die Einführung von UTM-Koordinaten bietet sich die Chance die Fehler zu vermeiden, die beim Übergang vom Soldner-System zum Gauß-Krüger-System gemacht wurden.

2.2 Arbeiten im Festpunktfeld

Das bisherige TP-Feld kann nach der neuen Nomenklatur als E-Netz bezeichnet werden und das KFP-Feld als F-Netz. Die meisten Arbeiten im Jahre 1995 waren im E- und F-Netz zu bewältigen. Hierbei mußten in Waldgebieten oder unwegsamen Gegenden der Fränkischen Alb Lücken im TP-Feld geschlossen werden. Dabei waren zahlreiche Masten aufzustellen. Wo es nach Beurteilung des zuständigen Vermessungsamtes notwendig war, wurde im gleichen Zug das KFP-Feld verdichtet. Dies war dort der Fall, wo noch Soldner-Punktfelder zu transformieren waren oder bestehende KFP-Felder mit unzureichender Netzstruktur abgefangen und versteift werden sollen. In größerem Maße wurden auch KFP-Felder an bestehende TP-Felder angeschlossen, deren Anschluß für das VA nicht oder nicht wirtschaftlich möglich gewesen wäre.

2.3 Arbeiten im Feld der dauerhaft luft-sichtbaren Paßpunkte

Nachdem 1994, ausgehend vom Dreiländereck Sachsen, Bayern, Tschechische Republik bis etwa Eslarn (südlich von Waidhaus), entlang der bayerisch-tschechischen Grenze auf tschechischem Gebiet dauerhaft luft-sichtbare Paßpunkte mit GPS gemessen wurden, stand 1995 das Stück von Eslarn bis zum Dreiländereck Tschechische Republik, Österreich, Bayern zur Messung an.

Diese Punkte dienten zur Luftbildauswertung. Da bis zur »Wende« entlang der Grenze eine Flugverbotszone von ca. 30 km Tiefe bestanden hatte, lag nach der »Wende« ein großer Nachholbedarf bei der Bestimmung photogrammetrischer Paßpunkte vor.

Nur der tatkräftigen Unterstützung der Behörden der Tschechischen Republik war es zu verdanken, daß bayerische Vermesser erfolgreich auf tschechischem Staatsgebiet tätig sein konnten. Es sei mir gestattet, daß ich den Dienststellenleitern der tschechischen Behörden von hier aus nochmals herzlich für ihre gewährte Hilfe danke. Die gewonnenen Ergebnisse werden sowohl für das Tschechische Landesvermessungsamt als auch für das Bayerische Landesvermessungsamt von Nutzen sein.

Die durchgeführten Arbeiten sind folgendermaßen zu charakterisieren:

Punktauswahl: Hausgiebel (90 %), Weggabelungen, gedeckte Brunnen-schächte usw.

Messung: 2 × Leica 200 E mit Externantenne, dazu Teleskopstan-gen mit maximaler Länge von 6 m als »Rover« auf tsche-chischem Gebiet (2 Fahrzeuge); auf bayerischer Seite 2 × Leica 200 auf jeweils einem C- oder D-Netz-Punkt (Abstand somit max. 12 km) als gleichzeitig betriebene Zentralstationen, wobei jeweils eine am Tag »umziehen« mußte. Beobachtungszeit auf den Paßpunkten maximal 20 Minuten.

Vorteil: Jeweils 2 Vektoren pro Paßpunkt, damit 100 % »Sicher-heit« gegen Punktausfälle.

Nachteil: Keine durchgreifende Kontrolle der Messung, jedoch End-kontrolle durch die photogrammetrische Auswertung.

Bearbeitungs-gebiet: ca. 170 km lang (!) und ca. 10 km breit: insgesamt etwa 200 Pkte.

3. Ausblick

Im Jahr 1996 soll verstärkt das D-Netz aufgebaut werden. Im Festpunktfeld wird verfahren wie bisher. Im Raum Oberpfalz und Oberfranken werden 1996 vermehrt dauerhaft luft sichtbare Paßpunkte für die sogenannte Bay-ernbefliegung gemessen werden. Ziel ist es, die Herstellung von Luftbild-karten zu unterstützen.