Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 90 (1992)

Heft: 2

Artikel: Praktischer Einsatz von GPS bei Grossprojekten

Autor: Zülsdorf, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-234810

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Praktischer Einsatz von GPS bei Grossprojekten

G. Zülsdorf

Bei zwei grossen Vermessungsaufgaben ging es darum, Arbeiten unter Termindruck zu beschleunigen, sowie geodätische Sicherheit und Unabhängigkeit von vorhandenen Bezugssystemen und Unterlagen zu gewinnen. Es werden Aspekte der Bildflugnavigation, airborne GPS-gestützten Aerotriangulation, Passpunktmessung und Netzkontrolle in Guinea und Deutschland behandelt.

Dans le cadre de deux grands projets géodésiques, il s'agissait d'accélerer les travaux sous la pression des délais imposés, de garantir des résultats géodésiques sûrs, tout en restant indépendants des systèmes de référence et des bases existantes. On abordera les aspects de la navigation lors de la prise de vues aériennes, de l'aérotriangulation assistée par des avions équipés de GPS, de la détermination des points d'ajustage et des contrôles de réseaux, en Guinée et en Allemagne.

Vorbemerkung

In beiden hier vorzustellenden Projekten ging es darum, mittels GPS Arbeiten unter Termindruck zu beschleunigen, sowie geodätische Sicherheit und Unabhängigkeit von vorhandenen Bezugssystemen und Unterlagen zu gewinnen. Ferner galt es, Kosten zu sparen und damit im Wettbewerb um den Auftrag günstig zu liegen.
Es ist meist nicht die Frage, ob durchgreifende technische Neuerungen im Alltag des Ingenieurs angewendet werden sollen, sondern allein die Wahl des richtigen Zeitpunkts ist wichtig. Bei Innovationen gilt noch mehr als sonst, dass das Leben Erfahrungen grundsätzlich nur per Nachnahme schickt: Erst zahlen, dann die Ware sehen. Ist also GPS heute schon ein Werkzeug für den Alltag des Ingenieurs?

1. Guinea (1988–1991)

Der Staat Guinea hat besondere Bedeutung für seine Nachbarn, weil alle grossen Flüsse der Region – Senegal, Gambia, Niger – in seinem zentralen Hochland, dem Fouta Djallon, ihren Ursprung haben. Schäden, die der Mensch an diesem Wasserschloss Westafrikas z.B. durch Brandrodung oder Überweidung anrichtet, haben verheerende Langzeitwirkung.
Der Entwicklungsfond der Europäischen Gemeinschaft unterstützt daher regionale Projekte mit dem Ziel einer auf Jahrzehnte angelegten geordneten Planung und Entwicklung des Fouta Djallon. Voraussetzung dafür sind kartographische Unterlagen und Luftbilder in mittleren Massstäben auf dem neuesten Stand.
So galt es in einem Projekt «12 Einzugsbecken im Fouta Djallon» in 12 sorgfältig ausgewählten tpyischen Gebieten zu untersuchen, welchen Einfluss die scheinbar ordnende Hand des Menschen auf die bereits in sehr labilem Gleichgewicht befindliche Natur ausübt.
Die 12 Projektstandorte sind die Einzugsbecken von je zwei sich vereinigenden Quellflüssen. Eines davon soll geplant entwickelt werden (BP), das andere unbeeinflusst bleiben (BT). Nach einer Zeitspanne von etwa 5 bis 10 Jahren sollen die Ergebnisse in den jeweils beiden Becken objektiv verglichen werden. Dann erst will man die Erfahrung typenweise geordnet auf die Gesamtfläche von über 100 000 km² übertragen.
Die Beschaffung der kartographischen Unterlagen wurde im EG-Raum beschränkt ausgeschrieben. Binnen 18 Monaten waren dann durch die Firma MAPS geosystems (München) herzustellen:

- simultane Luftbilder 1:30 000 in Schwarz-Weiss und Farb-Infrarot, sowie Mosaike 1:10 000 in S/W von insgesamt 5875 km² (BP + BT)
- Passpunkte für eine photogrammetrische Auswertung und anschliessende Zeichnung 1:10 000 mit 5 m Schichtlinienabstand für insgesamt etwa 1000 km² (nur BP)
- zusätzlich wurden später farbige Karten 1:5000 erstellt (nur BP)

Die Schwierigkeiten bei der Durchführung innerhalb von nur 14 Monaten waren:

- ungenaue Navigationsunterlagen in Gestalt entzerrter Luftbildmosaike 1:50 000, welche in der Gebirgsregion mit bis zu 600 m Abbrüchen teilweise seitliche Bildstreifenversetzungen von über 1 km verursachten
- gelände- und vegetationsbedingte Umständlichkeiten, den nächsten Festpunkt ins Messgebiet zu übertragen und dort ein konventionelles Winkel- und Streckennetz für die Passpunkte aufzuspannen.

In zwei besonders festpunktfernen Projektgebieten wurde der Bezug auf das Landesnetz mittels DOPPLER-Satellitenmethoden erreicht und dadurch über 50% Zeit gespart.

1.1 15 Einzugsbecken im Niger-Oberlauf und der Wald von Mafou

Aufbauend auf den Erfahrungen mit dem oben beschriebenen Projekt wurde ein weitaus grösseres Projekt von der EG und der guineanischen Forstbehörde definiert und ausgeschrieben:
Von 5300 km² im Einzugsgebiet des Oberen Niger waren Karten 1:10 000 im Blattschnitt 6×6 km mit einem Schichtlinienabstand von 10 m gefordert, basierend auf Bildflugdaten, die sich von den oben aufgezählten nur durch den Bildmassstab 1:35 000 unterschieden.
Es war notwendig, 8100 km² zu photographieren, um die geforderten Gebiete vollständig auf Karten und Mosaiken abzubilden. Eine digitale Bearbeitung bis hin zum Digitalen Gelände-Modell und die Lieferung von 10 Sätzen farbiger Karten waren diesmal Pflicht.
Die Unterlagen sollen der Entwicklungsplanung dieser allesamt an künftig sich entwickelnden Verkehrsachsen gelegenen Einzugsbecken dienen, sowie der Planung der Erhaltung des geschlossenen Savannenwaldes von Mafou.

Die Logistik für diese Landesteile Guineas ist überaus schwierig. Das Konzept von MAPS lautete, GPS wo immer möglich einzusetzen, also für

- die Navigation der Flugstreifen mit punktgenauer Bildauslösung über dem Zentrum der Mosaikblätter
- die Registrierung von 3D-Koordinaten jedes Bildauslösepunktes zwecks späterer Einführung in die Aerotriangulation; damit Einsparung von Passpunkten
- die terrestrische Anwendung zur Festpunkt- und Passpunktbestimmung

Damit waren – wenn alles gutging – folgende Vorteile verbunden:

- jede Sicherheit in der Bildflugnavigation und bei eventuell notwendig werdenden Nachbefliegungen ist bei den extrem wechselnden Wetterbedingungen hoch willkommen
- man erhält bei den Mosaiken eine bessere Bildqualität durch den Wegfall eines Reproduktionsschrittes
- jeder gesparte Passpunkt ist ein Risiko weniger für Geländefahrzeuge
- der Wegfall des Zwangs zu gegenseitiger Sicht bei der Passpunktbestimmung, mehr aber noch die freie Wahl der Passpunkte nach ausschliesslich photogrammetrischen Gesichtspunkten erleichtern die Feldarbeiten ungemein.

Gekürzter Vortrag am Deutschen und Österreichischen Geodätentag vom 4. Oktober 1991 in Innsbruck.

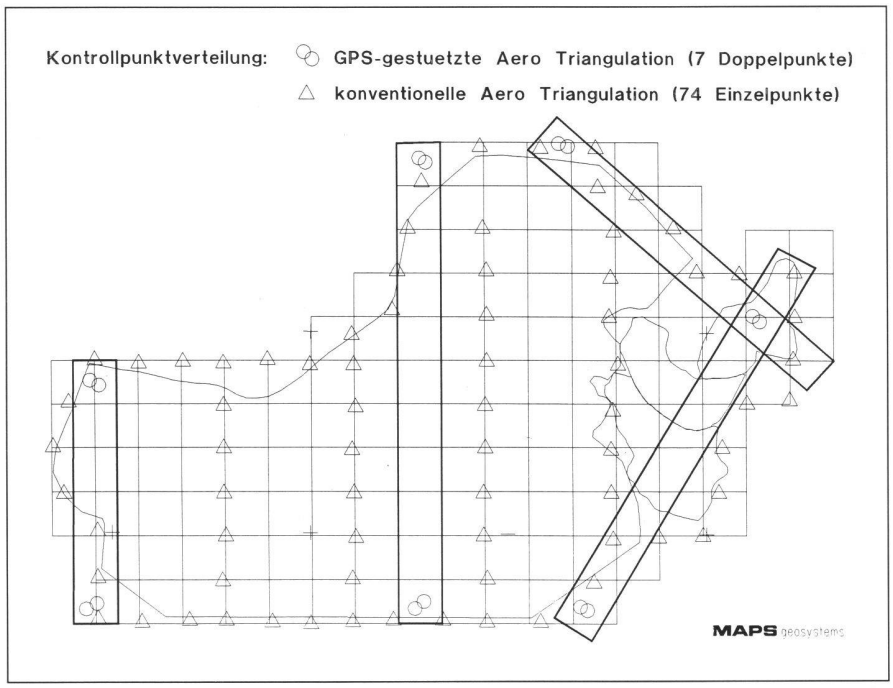


Abb. 1: Flugplanung und Kontrollpunktverteilung der Aerotriangulation.

1.2 Vorbereitungen

Die Montage eines ASHTECH L XII Empfängers (single frequency mit Photogrammetrie-Option) im Flugzeug gestaltete sich relativ problemlos. Im Kamerakörper einer Zeiss RMK 15/23 misst eine Photozelle den Zeitpunkt der Blendenöffnung, der dann im ASHTECH-Empfänger mit msec-Genauigkeit registriert wird.
Die GPS-Antenne liess sich im Flugzeug mit ausreichender Genauigkeit über den Drehachsen der Kamera installieren. Damit können spätere Korrekturen der Position auf die Höhenverschiebung beschränkt bleiben.
Während der Vorbereitungsphase wurden von MAPS für die Flugplanung, die Navigation, sowie für die automatisierte Erstellung der Bildmittenübersicht eigene Softwarepakete, fussend zum Teil auf AutoCAD, auf einem 386er Laptop entwickelt.
Grössere Probleme gab es durch die anfallenden grossen Datenmengen: die Ausbeute eines Flugtages sind etwa 6 MByte je im Flugzeug und auf der Referenzstation. Während des Bildflugs wurden die Daten auf der Festplatte des Laptop problemlos abgelegt, dann auf dem Boden, ebenso wie die der Referenzstation, auf IRVIN-Tapes gespeichert. Hiermit und nicht etwa mit den PCs oder den Satellitenempfängern gab es den meisten «technologischen» Ärger.
In dem grössten Block von 135 Blatt mal 36 km² = 4860 km² mit über 3300 km² Auswertefläche des Forêt de la Mafou und dreier Einzugsgebiete wurden 11 O-W-Flugstreifen sowie zur Versteifung der Geometrie, 4 Querstreifen geplant (Abb. 1).

1.3 Durchführung

Auf der Referenzstation auf dem Boden, einem Feldflugplatz, wurde ein ASHTECH M XII Empfänger (ebenfalls single frequency) und ein Feldlabor für die Filmentwicklung (nur S/W) installiert.
Der Bildflug wurde in der Zeit von Mitte Dezember 1990 bis Mitte Januar 1991 abgewickelt. Aus Furcht vor einem Phasenverlust wurde anfangs die Ausrichtung des Flugzeugs auf einen neuen Streifen sehr vorsichtig vorgenommen. Diese Vorsicht wurde allmählich abgelegt, bis sich schliesslich die üblichen scharfen und kurzen Anflugkurven wieder einstellten. Die Phase geht dabei zwar verloren, dies ist aber nicht wichtig. Entscheidend ist, dass sie für den Streifenflug wieder einrastet und so bleibt.
Die Projektionszentren liegen bei der gewählten Methode nicht nur in Pseudorange, sondern auch in «differential kinematic GPS» vor. Im Flugzeug werden für die on-line Navigation nur pseudoranges benutzt. Die Ergebnisse sind punktgenau (Abb. 2).
Bei der Passpunktbestimmung stand die Referenzstation auf dem Ursprung des Landessystems in der Stadt Dabola, da die Auswertung der GPS-Messungen auf einigen Doppler-Punkten im Umfeld des Messgebiets Lage-Differenzen bis zu 10 m gezeigt hatte. Somit und natürlich auch wegen der weitaus höheren Genauigkeit der GPS-Ergebnisse waren diese Festpunkte untauglich für eine Transformation in das alte Doppler-Landesnetz. Die Transformation musste vielmehr über den Ursprung erfolgen.
Die Lage- und Höhenpasspunkte für die Aerotriangulation wurden ausschliesslich mittels GPS bestimmt, also keinerlei Winkel oder Strecken gemessen.
Zur Geoidbestimmung war es nötig, viele GPS-Bezüge zu den alten französischen und japanischen Nivellementpunkten längs der Strassen zu messen. Somit bleibt dort, wo das Geoid nicht mit für das jeweilige Projektziel ausreichender Genauigkeit bekannt ist, trotz der erheblichen Reduzierung der Passpunkte für die durch airborne GPS gestützte Aerotriangulation immer noch ein erheblicher Aufwand an Feldarbeiten übrig. Das trifft besonders auf Entwicklungsländer zu.

1.4 Auswertung

Die Einbeziehung von Querstreifen in die Blocktriangulation ist Vorbedingung für die mittels GPS erzielbaren Genauigkeiten. Nach der Datenaufnahme und vor der Aerotriangulation ist eine umfangreiche und arbeitsintensive interaktive häusliche Datenbereinigung nötig.
Über die Ergebnisse der Aerotriangulation wird von MAPS geosystems noch getrennt berichtet, da die Auswertung heute noch nicht gänzlich abgeschlossen ist. Sicher ist, dass aus der Aerotriangulation mindestens 0,5 m Genaugikeit der 3D-Koordinaten der Projektionszentren zu erwarten sind, was für die Auswertung im Bildmassstab 1:35 000 mit 10 m Schichtlinienabstand weitaus genügt.
Zu der Passpunktverteilung lässt sich sagen, dass der gesamte Block unter Einbeziehung der mittels GPS gemessenen Projektionszentren mit nur 7 terrestrischen (Doppel)-Punkten in Lage und Höhe ebenso genau berechnet werden konnte, wie mit den konventionell an den Streifenenden angeordneten 74 Einzelpunkten (Abb. 1).

2. Erdgasfernleitungen der Wintershall AG: STEGAL und MIDAL (1991)

Erdgas gewinnt als umweltschonende Energiequelle immer mehr an Bedeutung, ist aber weder in den alten noch in den neuen Bundesländern flächendeckend verteilt. Der Markt ist erst in jüngster Zeit durch das Auftreten der Wintershall AG als Anbieter offener geworden. Fernleitungsnetze und Speicher müssen zur Verfügung stehen, um diesen Anspruch zu stützen.
Insgesamt wird die Wintershall in den nächsten Jahren für die beiden Erdgasfernleitungen STEGAL und MIDAL mit zusammen 930 km Länge und den Ausbau der dazugehörigen Speicher über 2,5 Mrd. DM investieren. Von den dabei für die Vermessung aufzuwendenden etwa 20 Mill. DM muss gewiss auch ein Teil auf die Lösung grundlegender Fragen entfallen, die bei nur kurzen linienhaften Vermessungsprojekten nicht auftreten.

Wenn der Ingenieur nicht warten will, bis die amtliche Vermessung ihm ein engmaschiges raum- und länderübergreifendes spannungsfreies Netz anbietet, muss er zur Sicherung seiner Ausgangslage GPS anwenden.

2.1 Vermessungsprobleme bei Fernleitungen

Die zwei Grundprobleme des Vermessungsingenieurs hierbei sind:

- wie stellt man die projektrelevanten Gegebenheiten so dar, dass zuerst geplant, dann gebaut und schliesslich die Leitung betrieben werden kann?
- wie ermöglicht man den Grunderwerb, die Eintragung einer Grunddienstbarkeit und die gerechte Entschädigung für beim Bau verursachte Schäden?

In der Vergangenheit hat man in der Bundesrepublik stets versucht, diese zwei Probleme auf eines zu reduzieren, indem man die Leitung – so gut es eben ging – über angemessene Grenzsteine in die raumdeckend vorhandenden Katasterkarten eintrug. Mit einigen topographischen Ergänzungen und dem Längsprofil war dann der Bauausführungsplan rasch fertig.
Diese Lösung war einfach, denn die Verantwortung für die Richtigkeit der Pläne konnte so dem Kataster aufgebürdet werden, auf das man sich in allen Fragen, die aus dem Grundeigentum herrührten, ohnehin verlassen durfte und auch wohl musste.
Einfache Lösungen sind aber oft mit unzulässigen Kompromissen erkauft und so wurde, wenn Katasterplan und wahrer Leitungsverlauf nicht zueinander passen wollten, die Leitung im Plan eben gestaucht, gezerrt und verbogen, nur um das Kataster nicht antasten zu müssen. Das trigonometrische Netz heranzuziehen, Polygonzüge zu messen, mit Koordinaten zu arbeiten ist bis heute bei den Leitungsbetreibern und ihren Planern eher die Ausnahme.
Das Konzept der Wintershall war dagegen ohne Kompromiss auf den Vorrang der Leitungsgeometrie ausgerichtet. Die Katasterkarte dient hier zur Abwicklung eigentumsrechtlicher Fragen, nicht als Ersatz für eine topographische Geländeaufnahme. Es wird mit Koordinaten gearbeitet, letztes Ziel ist eine Datenbank als eine der Grundlagen für den Betrieb der Leitung.

2.2 Geodätische Koordinatensysteme

Die MIDAL verläuft durch die Länder Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen und kurze Abschnitte in Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz, die STEGAL in der CSFR, Sachsen, Thüringen und Hessen. In der Gauss-Krüger-Projektion sind der 6°, 9° und der 12° Meridianstreifen betroffen. In den Ländern Sachsen und Thüringen war bis zum Beitritt das Krassowski-Ellipsoid gültig. In Sachsen ist es das heute noch, in Thüringen hat man sich sehr schnell auf das Bessel-Ellipsoid umgestellt. Zudem gibt es dort noch die auf den Pegel in Kronstadt bezogenen Normal-Höhen.
Eine Ferngasleitung ist im Plan eine Linie. Die kartographischen Projektionen dienen aber vor allem dazu, Flächen abzubilden. Die dazu nötigen Reduktionen und Korrekturen verfälschen die wahre Baugeometrie um der Notwendigkeit willen, die Planung in ihre Nachbarschaft flächenhaft einfügen zu können.
Somit ist die beste Lösung, im jeweiligen Gauss-Krüger-Landessystem mit der Aussenwelt zu kommunizieren und für Planung, Bau und Betrieb daneben ein anderes Koordinatensystem zu benutzen, welches die Baugeometrie möglichst unangetastet lässt. Diese Lösung wird bei MIDAL und STEGAL verwirklicht durch eine Zylinderprojektion, mit – grob gesagt – der STEGAL als Durchstoss-Parallelkreis und einer Mittellinie der MIDAL als Mantellinie.
Die einzige strenge Methode, die Übergänge zwischen den verschiedenen Landessystemen zu quantifizieren – d.h. die Netzspannungen aufzudecken – und zwar an der Stelle, wo die Leitung kreuzt, ist die Anwendung von GPS auf trigonometrischen Punkten längs der Trasse. Dies ist in Anbetracht der Einbeziehung der STEGAL mit dem o.a. Problem des Bezugs-Ellipsoids umso dringender.

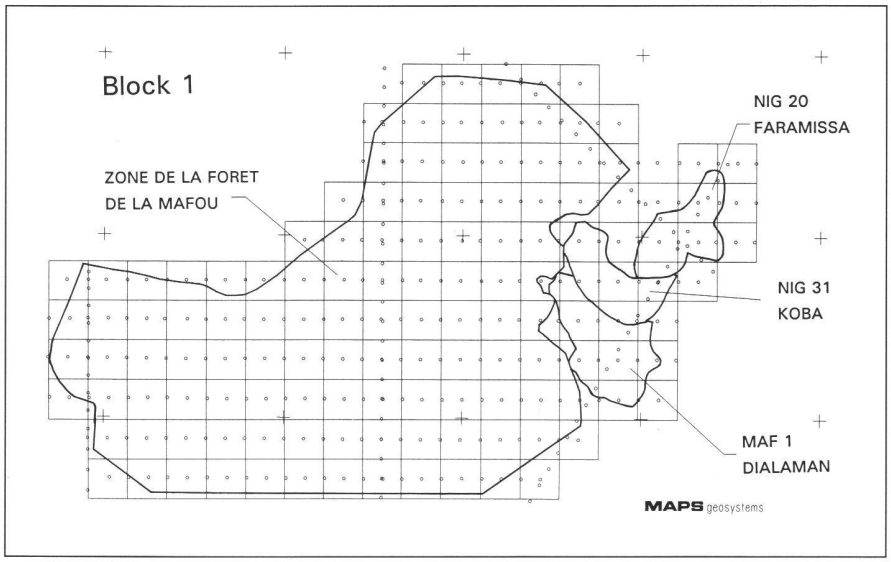


Abb. 2: Ergebnis der punktgenauen Navigation.

2.3 Katastereinpassung und Inselkarten

Leitungen werden meist über landwirtschaftlich genutztes Gelände geführt. Das Kataster ist dort oft nur in Inselkartenblättern dargestellt, ohne Gitternetz und Festpunkte. Ist erst einmal der Entschluss gefasst, die Leitung mit Koordinaten und nicht nur mit ihrer Stationierung und dem Winkel am Tangentenschnittpunkt darzustellen, so muss auch die Einpassung des auf Inselkarten gezeichneten Katasters über verschiedene Zwischenschritte letztlich zu Koordinaten für die Grenzpunkte führen.

Es wurden und werden zwei Methoden angewandt:

- auf den Katasterblättern werden die Flurstücke eines Korridors von 150 m (MIDAL) oder 300 m (STEGAL Hessen) um die Leitungsachse in einem Tisch-Koordinatensystem digitalisiert. Dieser Korridor wird dann über im Feld koordinativ bestimmte Grenzsteine und andere kartensichere Punkte in das Landeskoordinatensystem transformiert
- es wird eine digitale phogrammetrische Lageauswertung aus einer Befliegung 1:5000 angefertigt. Durch Vergleich von linien- und flächenhaften Einzelheiten, die in der Inselkarte und der Auswertung identisch sind, kann eine Einpassung graphisch, halb-graphisch oder rechnerisch vorgenommen werden.

2.4 GPS zur Kontrolle des TP-Feldes bei der STEGAL

Die Feldarbeiten zur Herstellung von Bauausführungs- und Kreuzungsplänen sowie zur Katastereinpassung als Vorbereitung der Wegerechtsbeschaffung wurden auf zwei Gruppen von Subauftragnehmern aufgeteilt:

- die eine war beauftragt, auf der gesamten Strecke von 315 km einen Langseitenpolygonzug, möglichst über trassennahe TPs, zu messen und von da aus Lage- und Höhenpasspunkte für die Luftbilder 1:5000 in solcher Anzahl und Konfiguration zu messen, dass eine Streifentriangulation möglich war. Mindestens alle 5–10 km sollte ein TP mit

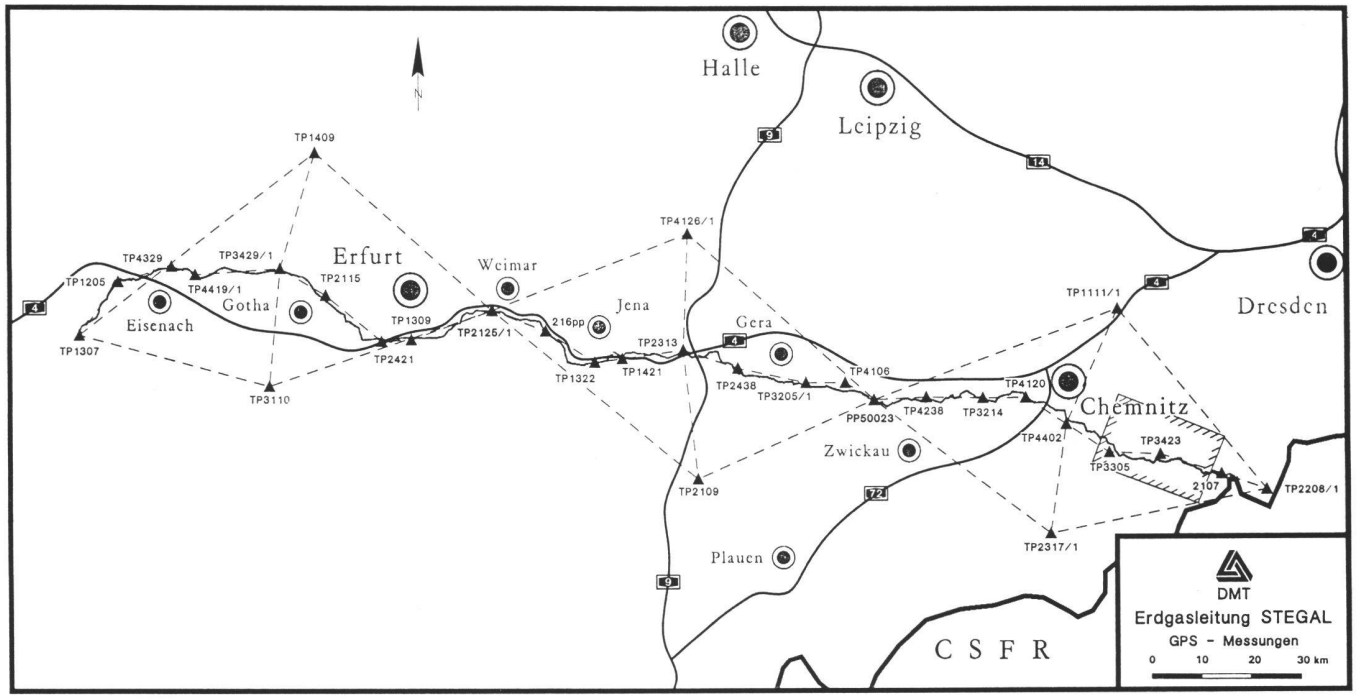


Abb. 3: Erdgasleitung STEGAL und GPS-Module.

GPS besetzt werden, um nötigenfalls Netzspannungen aufdecken und abfangen zu können.

- die andere hatte unabhängig von der oben beschriebenen Leistung die Aufgabe, einen trassennahen Polygonzug für die Koordinierung der Tangentenschnittpunkte und die spätere Bauabsteckung zu legen und diesen in das jeweilige Landesnetz einzubinden.

So konnte die photogrammetrische Auswertung des Lagekorridors unabhängig von den örtlichen Trassierungsarbeiten vor sich gehen. Der Bezug zur Trasse wurde erst durch Einspielen der TS-Koordinaten hergestellt, die dann die Messung des Längsprofils im photogrammetrischen Auswertegerät ermöglichten.

Stichworte zur GPS-Messkampagne und Auswertung:

- Erkundung während der Passpunktbestimmung, zusammen 31 Punkte = 3 Module (Abb. 3)
- Feldarbeiten vom 27.–29.5. und vom 8.–13.7.91 mit 5 WM 102 Empfängern
- Fenster ca. 5 Stunden ab 19:45 im Mai und 17:15 im Juli, kein Umsetzen während dieser Zeit
- Auswertung der Signalaufzeichnungen auf PC noch am selben Abend bis zur Einzelstationslösung, Plausibilitätsprüfung
- im Büro Auswertung mit PoPS bis zu ausgeglichenen geozentrischen 3D-Koordinaten im WGS 84
- modulweise 3D-Netz-Ausgleichung mit TRANS, maximale Verbesserungen <3 cm, Standardabweichung <15 mm
- 7-Parameter-Transformation auf die Bessel-Punkte in Modul 1 und 2 und auf die Krassowski-Punkte in Modul 3
- Unterschied im Massstab zwischen 1 und 2: 1×10−8! Massstabsfaktor 7,1 mm/km in Thüringen und 4,8 mm/km in Sachsen
- Koordinatendifferenzen der Transformationspunkte im Durchschnitt <5 cm
- nach Bekanntgabe von Koordinaten im System 40 (Rauenberg) bezogen auf das Bessel-Ellipsoid für alle TP: Transformation aller 28 WGS84 Punkte in GK-Bessel
- Massstabsfaktor 7 mm/km
- Umrechnung GK in geographische Koordinaten, dann über Zylinderprojektion in ebene Koordinaten

2.5 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

2.5.1 Landesnetz

Die neuen amtlichen Koordinaten der TP in den durchlaufenen Teilen Thüringens und Sachsens sind für alle praktischen Zwecke als spannungsfrei anzusehen und daher ohne Verbesserungen als Bezugs- und Anschlusspunkte für Messungen im System der STEGAL brauchbar.

Umgekehrt können z.B. quasi-kinematische und kinematische GPS-Messungen durch einfache Translokation in das STEGAL-System eingeführt werden. Dies kann zu einem späteren Zeitpunkt von Bedeutung werden, dann nämlich, wenn die Flurstücke, über welche die Leitung führt, wieder in der Natur abgemarkt werden sollen.

Ohne diese durch GPS verschaffte Sicherheit hätte zum Zeitpunkt der Koordinierung der TS und der Herstellung der Wegerechtspläne – Juni bis August 1991 – nicht mit Landeskoordinaten in einem einheitlichen System gerechnet werden können.

2.5.2 Kataster

Von dieser Sicherheit ist auch die topographische Lageauswertung und damit die Katastereinpassung geprägt:

Die Lichtpausen der Inselkarten werden durch Reprographie auf einen ungefähren einheitlichen Massstab z.B. 1:2000 oder 1:4000 gebracht. Die Lageauswertung wird in demselben – hier aber genauen Massstab – samt Gitternetz geplottet. Dann werden gut definierte Passpunkte aus der Auswertung in die Katasterkarte durch «Hochstechen» übertragen und in dieser digitalisiert. Nun kann durch eine Affintransformation die Genauigkeit der Einpassung in den identischen Punkten nachgewiesen werden. Ist das Ergebnis akzeptabel, dann werden auch die Massenpunkte affin transformiert.

Diese Methode eröffnet für die Lösung der drängenden und unmittelbar anstehenden Katasterprobleme in den neuen Bundesländern, zumindest im ländlichen Raum, eine neue Perspektive:

Aufbauend auf dem bestehenden TP-Netz kann über eine digitale photogrammetrische Lageauswertung eine Katastereinpassung selbst ältester Karten vorgenommen werden, wodurch nach Digitalisierung und Affin-Transformation für jeden Grenzstein und jede Grenze GK-Koordinaten gewonnen werden. Diese bei Bedarf im Gelände mittels konventioneller oder

GPS-Methoden abzumarken ist eine Frage der Gebühren. Nötig ist es weder für Planungs- noch für Grundbuchzwecke.
Als Genauigkeit lässt sich aus der Vielfalt der durchgeführten Transformationen unter Verwendung eines Plotmassstabs 1:4000 in den neuen Bundesländern etwa ±1 m angeben.
In Hessen wurden an mehreren Stellen Grenzsteine angemessen und deren Koordinaten mit denen aus einer photogrammetrischen Katastereinpassung (1:2000) verglichen. Das Ergebnis ist mit 0,39 m im Durchschnitt der Abweichungen durchaus akzeptabel. Zwei Ausreisser sind mit Sicherheit weder der Feldmessung noch der Einpassung zuzuschreiben, sondern beruhen entweder auf dem Versetzen einer Vermarkung oder einer falschen Kartierung in der Katasterkarte. An diesen Stellen wäre die Trasse nach der herkömmlichen Methode geometrisch falsch dargestellt worden.

3. Ausblick

Der Flieger Antoine de Saint-Exupéry wusste, was er sagte: «Um klar zu sehen, genügt oft ein Wechsel der Blickrichtung.» Von oben, aus dem Flugzeug, mit unseren heutigen hervorragenden Kameras und Filmen, gewinnen wir den nötigen Abstand, um Strukturen und Linien im grossen Zusammenhang zu erkennen und mit dem Festpunktnetz in Verbindung zu bringen. Die alte Feldeinteilung schimmert oft durch die LPG-Flächen, Häuser, Wege, Waldränder haben unverändert überdauert und wurden – hier widersprechen unsere Erfahrungen vielen anderen Behauptungen – von unseren Kollegen einst richtig kartiert.
Längs eines Querschnitts von 300 km durch Sachsen und Thüringen haben wir das alte Kataster mit der Methode der GPS-kontrollierten Luftbildvermessung koordinativ (wieder)-herstellen können. Dasselbe ist natürlich auch grossräumig möglich, allerdings wesentlich kostengünstiger je km².

Die Erfahrungen aus Guinea, kombiniert mit denen aus der Erdgasfernleitungsplanung, fügen sich als Lösung der unmittelbar anstehenden Kataster- und Grundeigentumsprobleme in den neuen Bundesländern zu folgendem Scenario zusammen:

1. flächenhafter Bildflug etwa im Massstab 1:8000, für Stereoauswertung und Orthophotoherstellung geeignet, GPS-kontrolliert sowohl zur Navigation als auch zur Koordinierung der Projektionszentren
2. Block-Aerotriangulation mit einem minimalem Bedarf an Passpunkten unter Einbeziehung der GPS-Koordinaten der Projektionszentren

3.1 Profilmessung in den Luftbildern, Orthophotoherstellung, und/oder

3.2 digitale Lageauswertung, nötigenfalls auch DHM

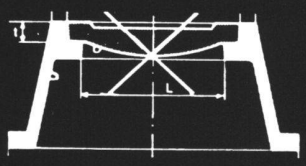
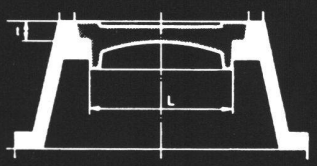
4. Digitalisierung des Katasters aus vorhandenen Planunterlagen
5. Einpassung auf 3.1 und/oder 3.2 und Affintransformation
6. Ausgabe als Orthophoto mit Katasterüberdruck oder Strichkarte mit Topographie und Kataster
7. Speicherung der bereinigten Beobachtungen und Messungen (neben den so erzeugten Koordinaten), damit spätere verfeinernde Messungen oder Berechnungen diese Daten zu neuen Koordinatenfestsetzungen mitverwenden können.

«Zeit diktiert den Wettbewerb am Weltmarkt. Nicht die Grossen besiegen die Kleinen, sondern die Schnellen die Langsamen.» sagt BMW-Chef Eberhard von Kuenheim. Können wir uns leisten, das wertvollste Gut, unseren Grund und Boden, in seiner Verfügbarkeit zu blockieren, nur weil die Querelen der vergangenen Jahrzehnte für weitere Jahre auf neuen Territorien fortgesetzt werden? Ist nicht ein grosser Wurf nötig, der mit Hilfe neuer Technologie jedem das Seine gibt:

- dem, der ihn bezahlen will, seinen Granitstein auf der Grenze
- dem, der planen will, eine Topographie- und Katasterdatenbank
- dem, der kaufen oder verkaufen will, seine Fläche im Grundbuchauszug
- dem, der es genauer wissen will und muss, die Nachforschung in den Zahlenwerken der Ur-Messungen.

Nichts davon darf dogmatisch auf Ewigkeit gezielt sein, nichts auf Alleinvertretung pochen, sondernd fliessend, sich durch alles Brauchbare verbessernd, muss sich unsere Arbeit zum umfassenden Informationssystem runden.
Mein Dank gilt der STEGAL GmbH, der MIDAL GmbH – beide Tochtergesellschaften der Wintershall AG, Kassel – und MAPS geosystems, München, für die Erlaubnis, die Ergebnisse ihrer Projekte hier vorstellen zu dürfen sowie auch für die Hilfe bei der Zusammenstellung der Unterlagen.

Adresse des Verfassers:
Dr.-Ing. Günther Züsdorf
Beratung und Koordination im
Vermessungs- und Luftbildwesen
Dürrbergstrasse 20
D-8137 Berg 3

Mehr Sicherheit im Strassenverkehr mit
Chrétien-Polygonkappen
GUSS seit 1883
Bisher:

Deckel nur eingelegt
Verbesserte Ausführung:

Deckel geführt
Chrétien & Co.
Eisen- und Metallguss
4410 Liestal
Tel. 061 / 921 56 56