

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: 84 (1986)

Heft: 8: 125 Jahre Schweizerische Geodätische Kommission

Artikel: Das Engagement von Wild Heerbrugg in der Geodäsie

Autor: Brunner, F.K. / Schwendener, H.R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-233058>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 20.02.2025

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

Überlagert man die «homogene» und die partikuläre «inhomogene» Lösungen (81) und (82) (dieses Verfahren wird hier nicht erläutert), ergibt sich die Bewegung der elastischen Erde zu

$$\mathbf{x} = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{Y} + \mathbf{u} \quad (83)$$

Wobei \mathbf{Q} ein Drehtensor ist.

In der Einleitung haben wir betont, dass ein Begriff wie die «Winkelgeschwindigkeit der Rotation der Erde» für ein nichtstarrs Erdmodell neu definiert werden muss. Die Gestalt einer solchen Definition ist dann nur eine Frage der Zweckmässigkeit. Angesichts der Tatsache, dass die Bewegung der Erde durch astrometrische Beobachtungen an der Erdoberfläche erfasst wird, erscheint z.B. die folgende Definition der Winkelgeschwindigkeit der Rotation der Erde zweckmässig:

Die «Winkelgeschwindigkeit der Rotation der Erde» sei identisch mit der Winkelgeschwindigkeit der Rotation jenes Bezugssystems, in dem die Summe der zu geozentrischen Radiusvektoren $\mathbf{y}(q)$ transversalen Komponenten relativer Geschwindigkeiten aller Partikel q der Erdoberfläche in jedem Augenblick t verschwindet. Dieses System wird dann «das erdfeste Bezugssystem» genannt, obwohl wir diese Bezeichnung – vom Wortlaut her betrachtet – eher der Klasse aller in 3.3 definierten

Koordinatensysteme $q \equiv (q^1, q^2, q^3)$ hätten zusprechen müssen.

Definieren wir noch die zeitliche materielle Ableitung δ_o gegenüber dem zuvor definierten erdfesten Koordinatensystem gemäss

$$\delta_o \mathbf{E}_k := 0, \quad k=1,2,3, \quad (85)$$

wobei \mathbf{E}_k die Basisvektoren des erdfesten Koordinatensystems sind. Gemäss der Vorschrift (66) gilt dann

$$\partial_o \mathbf{u} = \delta_o \mathbf{u} + \Omega \times \mathbf{u}, \quad (86)$$

wobei Ω die Winkelgeschwindigkeit der Rotation des erdfesten Systems (s. (85) gegenüber dem durch (53)–(56) definierten erdmodellfesten System (Basisvektoren \mathbf{G}_i) ist.

Die das erdfeste Bezugssystem definierende Bedingung (s. (84)) lautet dann

$$\oint_{\partial E_o} \hat{\mathbf{y}} \times (\delta_o \mathbf{u}) dS = 0, \quad \text{mit } \hat{\mathbf{y}} := \mathbf{y}/y, \quad (87)$$

wobei ∂E_o die Oberfläche unseres Erdmodells ist und $\mathbf{u} :=$

Hiermit folgt dann aus (86):

$$\oint_{\partial E_o} \hat{\mathbf{y}} \times (\partial_o \mathbf{u}) dS = \oint_{\partial E_o} \hat{\mathbf{y}} \times (\Omega \times \mathbf{u}) dS, \quad (88)$$

wobei \mathbf{y} , $\partial_o \mathbf{u}$ und $\partial \mathbf{u}$ bekannt sind. Folglich kann Ω aus (88) bestimmt werden und

$$\vec{\omega}' = \vec{\omega} + \Omega \quad (89)$$

ist dann die «Winkelgeschwindigkeit der Rotation der elastischen Erde».

Damit schliessen wir unsere Skizze der mathematischen Methoden der globalen

Geodynamik ab. Betreffend expliziter Untersuchungen der oben erwähnten Aspekte der Bewegung der Erde verweisen wir auf die umfangreichen Literaturverzeichnisse der Monographien Jeffreys 1976, Munk 1975 und Lambeck 1980.

Literatur:

- Bauersima, I., 1980: Allgemeine Diskussion über die «Rotation» eines nichtstarrs Erdmodells. Mitteilungen der Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald, Nr. 5.
- Beutler, G., 1982: Probleme der Parameterbestimmung in physikalischen Systemen, Mitteilungen der Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald, Nr. 8.
- Chadwick, P., 1976: Continuum Mechanics, George Allen and Unwin Ltd., London.
- Chandrasekhar, S., 1969: Ellipsoidal Figures of Equilibrium, Yale University Press.
- Jeffreys, H., 1976: The Earth (Its Origin History and Physical Constitution), Cambridge Univ. Press.
- Lambeck, K., 1980: The Earth's Variable Rotation, (Geophysical causes and consequences), Cambridge Univ. Press.
- Landau, L.D., E.M. Lifschitz, 1965: Elastizitätstheorie (russische Ausgabe).
- Munk, W.H., G.J.F. Macdonald, 1975: The Rotation of the Earth (A Geophysical Discussion), Cambridge Univ. Press.
- Wang, C.-C., C. Truesdell, 1973: Introduction to Rational Elasticity, Nordhoff Int. Publ.

Adresse des Verfassers:

PD Dr. Ivo Bauersima

Astronomisches Inst. der Universität Bern
Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern

Das Engagement von Wild Heerbrugg in der Geodäsie

F.K. Brunner, H.R. Schwendener

Ausgehend vom derzeitigen technischen Stand der Vermessungsinstrumente bei Wild Heerbrugg wird eine Vision «Geodäsie der Zukunft» präsentiert. Der Leser wird dazu in die neunziger Jahre versetzt. Die Veränderungen der «geodätischen Umwelt» werden an den Beispielen der globalen Geodäsie, Geodynamik und Landesvermessung sowie der Ingenieur- und Detailvermessung dargestellt. Wild Heerbrugg forscht und entwickelt heute mit Blick auf diese Zukunftsvision. Dies wird an drei konkreten Forschungsprojekten gezeigt.

Partant du niveau technique actuel des équipements topographiques chez Wild Heerbrugg, on présente une projection «Géodésie du futur». Le lecteur est situé dans les années 90. Les changements de l'environnement topographique sont décrits au moyen d'exemples de la géodésie spatiale, de la géodynamique et des travaux des Instituts Géographiques et Cartographiques ainsi que des levés techniques et de détails. Les travaux de recherche et de développement de Wild Heerbrugg d'aujourd'hui sont axés sur cette vision d'avenir. Ceci est montré à l'aide de trois projets de recherche actuels.

1. Einleitung

1.1 Präambel

Die Firma Wild Heerbrugg (Gründungsjahr 1921) besteht ungefähr halb so lange wie die Schweizerische Geodätische Kommission (SGK), deren 125jähriges Jubiläum im

Jahr 1986 gefeiert wird. Dennoch haben die «Wild Geräte» das Arbeitsbild der SGK stark mitgeprägt, denken wir nur an die klassischen Geräte T4, T3, T2, Distomaten, N3, um einige der Hauptvertreter hier aufzuzählen.

Wir wollen von der naheliegenden Verlei-

tung Abstand nehmen, an dieser Stelle einen Rückblick auf die Instrumentenentwicklung der letzten Jahrzehnte zu bringen. Dagegen wollen wir zum Anlass des SGK-Jubiläums den Versuch unternehmen, eine Vision der möglichen instrumentellen Entwicklungen in der Geodäsie zu entwerfen. Dazu stellen wir kurz die modernsten Geräte der geodätischen Produktpalette von Wild Heerbrugg vor. Nach einer einführenden Diskussion der herrschenden Trends bei den Methoden der Geodäsie werden wir unseren Versuch einer Vision «Geodäsie der Zukunft» präsentieren. Dabei wollen wir unter Geodäsie den ganzen Bereich von der globalen Geodäsie bis zur Ingenieurvermessung verstehen, allerdings ohne Photogrammetrie und Kartographie. Im Anschluss daran werden Projekte vorgestellt, die vor allem Forschungscharakter haben, und bei denen Wild Heerbrugg in der interdisziplinären Teamarbeit stark engagiert ist.

Diese Studie ist gerade wegen der stürmischen Entwicklung in der Geodäsie vor allem durch die Verwendung künstlicher Satelliten von besonderer Aktualität. Denn sicherlich hat GPS (die gebräuchlichen Abkürzungen sind im Anhang zusammengestellt) das Potential, die Geodäsie grundlegend zu verändern, nicht nur im Hinblick

auf das Instrumentarium, sondern auch in ihren Prinzipien.

1.2 Moderne geodätische Messgeräte

Es ist vorauszusehen, dass bis zum Jahr 2000 Konzeption und Vermessung klassischer geodätischer Netze durch moderne Methoden ersetzt sein werden, vor allem durch die Anwendung von GPS und ISS. Es ist daher ganz besonders wichtig, die verbleibenden Arbeitsbereiche der klassischen Instrumente gegen die der modernen Instrumente abzugrenzen. Welche Möglichkeiten gibt es, die klassischen Instrumente so zu verbessern, dass diese auch in Zukunft ein vitales Element im Arsenal der geodätischen Instrumente sein werden?

Vor ungefähr zehn Jahren hat Strasser (1975) in dieser Zeitschrift über neue Entwicklungen im geodätischen Instrumentenbau berichtet. Seinen Ausführungen wird im folgenden mit einem Streifzug durch das moderne geodätische Instrumentarium exemplarisch für Wild Heerbrugg ein neues Kapitel angefügt.

Einen Meilenstein in der Geräteentwicklung stellte der Informatik-Theodolit Theomat T2000 im Jahre 1983 dar. Hier werden durch elektrooptische und elektronische

Verfahren Genauigkeiten (Standardabweichung 0,15 mgon) erzielt, die mit optomechanischen Komponenten allein kaum zu realisieren sind (Katowski und Salzmann, 1983). In der Bezeichnung «Informatik-Theodolit» kommt zum Ausdruck, dass in diesem Instrument programmierte Funktionen (Systemsoftware) und Gestaltungsmöglichkeiten programmierbarer Messabläufe (Anwendersoftware PROFIS) in bis anhin nicht bekanntem Umfang enthalten sind.

Mit zwei zusätzlichen Modellen wurde diese 2000er Instrumentenfamilie (Abb. 1) mittlerweile so ergänzt, dass ihre Vorteile in praktisch allen Einsatzgebieten maximal genutzt werden können. Das Modell T2000S ist für besonders genaue Zielungen in Geodäsie und Industrie mit einem panfokalen Hochleistungsfernrohr ausgestattet. Das Modell Tachymat TC2000 verfügt darüber hinaus über einen integrierten Infrarot-Distanzmesser für die Tachymetrie in einem kompakten universell einsetzbaren Instrument.

In der Regel wird heute beim Einsatz eines solchen Instruments auch das Datenterminal GRE3 verwendet: damit wird die elektronische Kette von der Datenerfassung bis

zur Datenverarbeitung nahtlos geschlossen. Durch eine kontinuierliche Erweiterung der PROFIS-Software-Bibliothek wurde auch hier den verschiedenen Anforderungen der Praxis Rechnung getragen. Die Module eines solchen kompletten Vermessungssystems haben E. Baumann et al. (1984) beschrieben.

Neben den modernen Entwicklungen von Theodoliten und Tachymetern muss auch die Familie der Distomaten erwähnt werden. Die Fachwelt hat 1985 dem DI3000 und in diesem Jahr am FIG-Kongress in Toronto den Neuheiten DIOR 3002 und DI5 grosse Beachtung geschenkt.

Beim Distomat DI3000 ist es Wild Heerbrugg erstmals gelungen, mit dem Laufzeitmessverfahren eines Infrarot-Laserimpulses ein Instrument zu bauen, das in nur 0,8 s Distanzen bis zu 14 km mit einer Standardabweichung von 3 bis 5 mm + 1 mm/km bestimmt. K. Grimm et al. (1986) beschreiben die dabei eingesetzte Methode. Damit ist nun auch die Verfolgung schnell bewegter Ziele kein Problem mehr. Mit dem Modell DIOR 3002 (DIOR steht für Distanzmessung ohne Reflektor) ist es sogar möglich, reflektorlos zu messen (Abb. 2). Je nach Reflexionsvermögen des Ziels sind ohne Glasprisma Distanzbestimmungen bis zu 250 m mit Zentimetergenauigkeit kein Problem mehr. Neben verschiedenen nicht geodätischen Aufgaben kann man damit in Kombination mit einem Theomat schwer zugängliche Punkte (z.B. an Felswänden und Hochkaminen) rasch und sicher einmessen, Tunnelprofile erfassen und Pegelstände von Gewässern feststellen.

Wer beim Nivellieren höchste Genauigkeit verlangt, wird das Präzisions-Libellennivellier N3 wählen. Als Instrument ohne automatischen Ziellinienkompensator stellt es mit seinen einzigartigen Eigenschaften in der Nähe von starken Magnetfeldern und bei Vibrationen in der Industrie die beste Lösung dar. Das gilt auch in der geodätischen Vermessung: Bei Wind, Magnetfeldern und Erschütterungen lassen sich mit diesem Instrument die sichersten Ergebnisse erzielen.

2. Vision «Geodäsie der Zukunft»

2.1 Definition und Klassifikation

Die umfassenden Aufgaben der Geodäsie können folgendermassen definiert werden:

- 1 Die Erstellung und Fortführung nationaler und globaler dreidimensionaler geodätischer Netze auf dem Festland, unter Beachtung der zeitvariablen Aspekte dieser Netze.
- 2 Die Bestimmung von geodynamischen Phänomenen, wie Polwanderung, Erdzeiten und Krustenbewegungen.
- 3 Die Bestimmung des Erdschwerefeldes und dessen zeitliche Veränderungen.

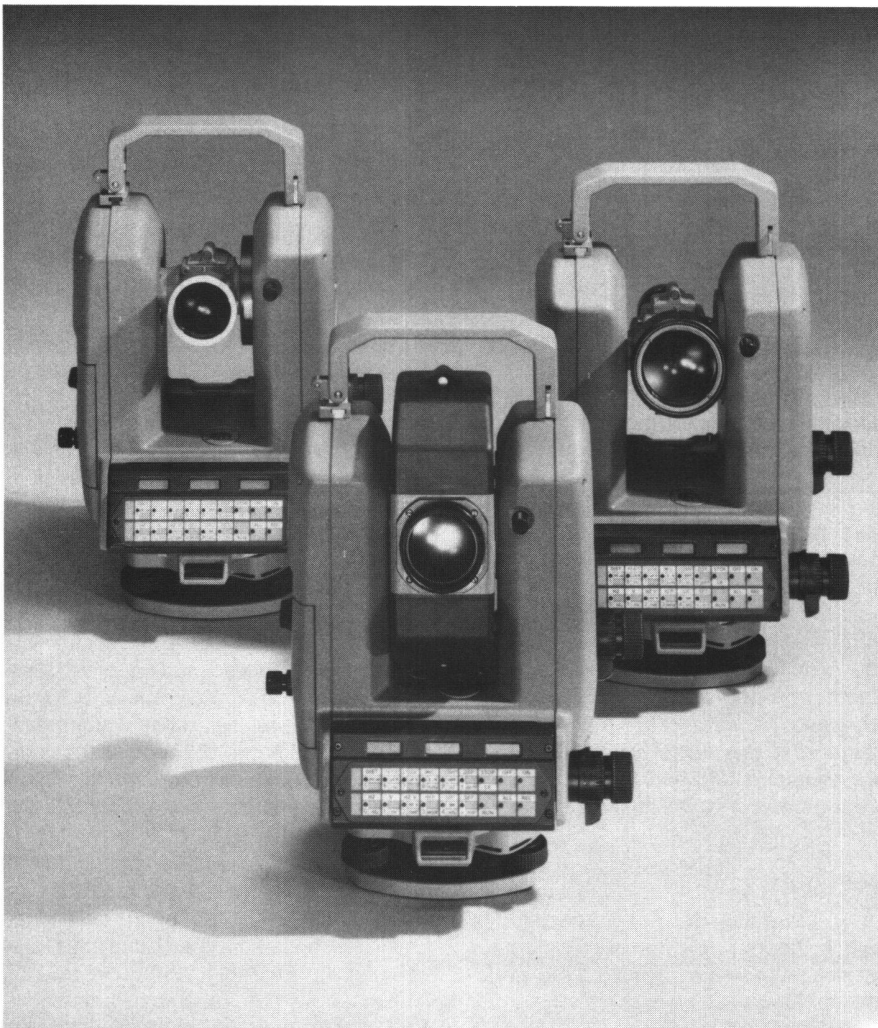


Abb. 1: Die Instrumentenfamilie Informatik-Theodolit T2000, TC2000 und T2000S

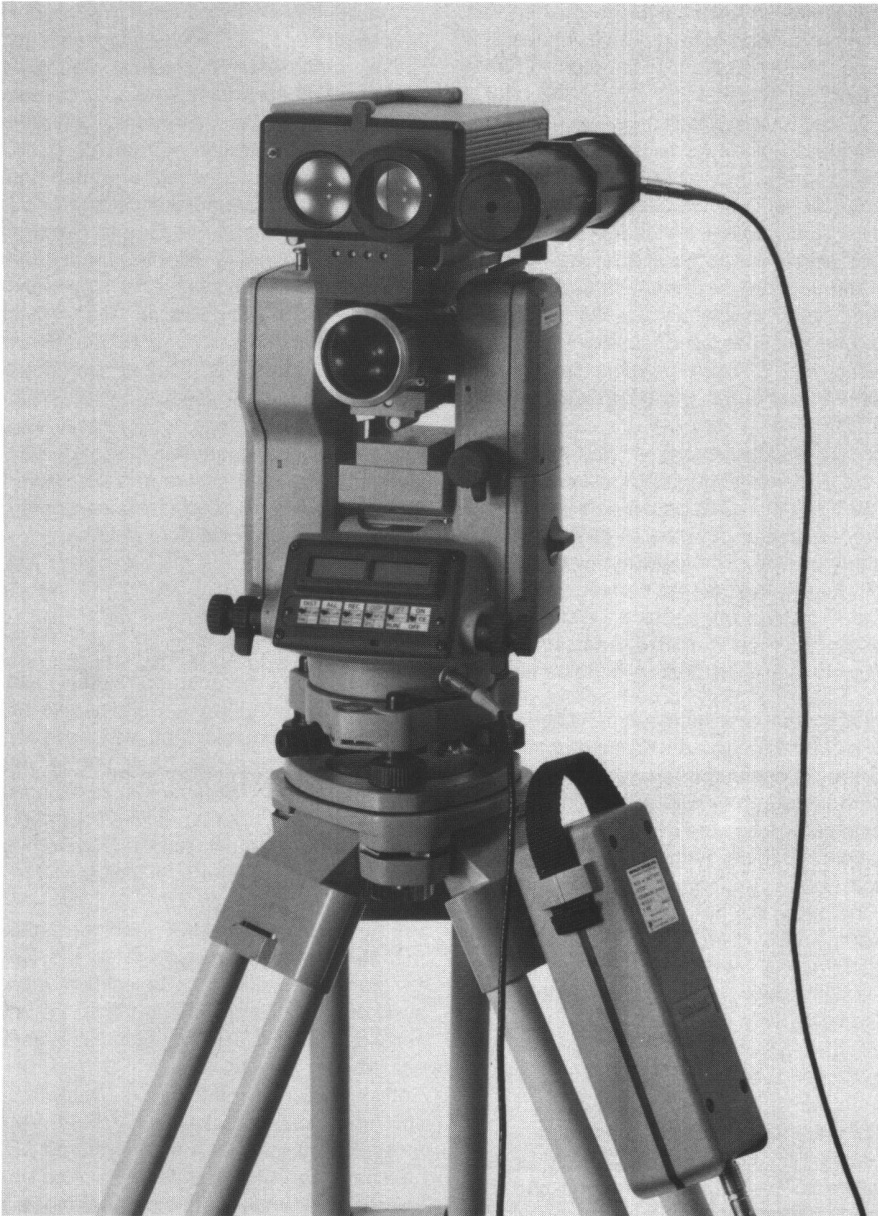


Abb. 2: DIOR 3002 mit Laserzusatz auf T1000

Diese Aufgabenstellung wird auch auf die Meere, den Mond und die Planeten ausgedehnt.

Wie man aus dieser Definition erkennen kann, besteht ein signifikanter Unterschied zwischen Geodäsie und Vermessung, was auch im Instrumentarium zur Lösung der gestellten Aufgaben klar zum Ausdruck kommt. Auch soll betont werden, dass heute der Geodät sehr oft bei der Vermessung von geophysikalischen Phänomenen, z.B. Krustendehformationen, herangezogen wird.

Das klassische Konzept der Geodäsie ist bestimmt durch die Triangulation erster Ordnung mit Dreiecksseitenlängen von 30 km (Europa) und EDM-Polygonzügen bis zu 100 km Seitenlängen (Australien, USA). Die Sichtverbindung zwischen benachbarten Punkten bestimmte die Netzgestaltung. Moderne geodätische Messsysteme verlangen diese Sichtverbindung nicht

mehr und es wird daher ein neues, modernes Konzept für die Geodäsie entstehen. Die folgende Klassifikation der geodätischen Aufgabenbereiche wird benutzt, um eine bessere Übersicht zu gewinnen, wobei allerdings zwischen den einzelnen Arbeitsbereichen keine scharfen Grenzen existieren:

- A Geodäsie und Geodynamik
Siehe obige Definition 1 bis 3
- B Landesvermessung
Grundlagenvermessung, vor allem für Kartenherstellung
- C Ingenieurvermessung
Technische Projektvermessungen aller Art (Marscheidewesen, Präzisionsmessungen, Deformationsmessungen, Industrievermessung)
Detailvermessung
Kataster und topographische Vermessungsarbeiten

Es soll hier betont werden, dass der grösste Teil aller vermessungstechnischen Arbeiten auch weiterhin in der Ingenieurvermessung geleistet werden wird.

2.2 Szenar «Geodäsie um 1990»

Es gibt keine exakte Methode, die Situation der Geodäsie für die Jahre um 1990 vorauszusagen. Die Basisdaten einer versuchten Prädiktion sind: das Verständnis der heutigen geodätischen Situation und ihrer geschichtlichen Entwicklung, die in Entwicklung befindlichen Instrumentensysteme, die geodätische Literatur, internationale geodätische Projekte und viele persönliche Gespräche mit Fachleuten. Sicherlich sind die Gewichte in dieser Prädiktion oft nur durch rein persönliche Gefühle bestimmt. Durch die breite Basis der Daten dürfte allerdings eine gewisse Objektivität und Genauigkeit gewährleistet sein. Weitere Annahme ist eine gleichbleibende wirtschaftliche Entwicklung unter besonderer Beachtung der Entwicklungsländer. Überraschungen von «classified projects» können natürlich nicht einkalkuliert werden. Schwierig ist es auch, publizierte Fehlerabschätzungen richtig zu interpretieren. Viele davon sind meistens mit Bewerbungen um Forschungsgelder verbunden und recht optimistisch gehalten. Denken wir nur an LLR, wo bis heute nur zwei Stationen zuverlässig arbeiten. Hier ist grosse Vorsicht geboten, vor allem wenn man voraussagt, welche Geräte in 10 Jahren überholt sein werden.

Wir wollen jetzt den Versuch unternehmen, ein wahrscheinliches Szenar der «Geodäsie um 1990» zu entwerfen. Dabei wird die Unterteilung der Geodäsie des vorherigen Abschnitts angewendet.

A. Geodäsie und Geodynamik

Polwanderung und Erdrotation werden routinemässig von stationären VLBI und SLR Stationen aus bestimmt. Die genaue globale Zeitübertragung ist mit Hilfe von GPS möglich.

Die Meere werden mit Satellitenaltimeter genau vermessen. Diese erlauben neben einer genaueren Bestimmung der Meeresoberfläche auch eine wirtschaftliche Planung der Schifffahrtswege. Festpunkte sind am Meeresboden vermarktet und werden regelmässig durch kombinierte Satelliten – Sonar-Methoden vermessen. Ein besseres Verständnis der tektonischen Vorgänge an Gräben wird erhofft.

Moderne Raummethoden haben die traditionelle astronomische Ortsbestimmung fast völlig verdrängt. Punktkoordinaten im globalen Koordinatensystem werden mit Hilfe von mobilen VLBI, MOBLAS und TRLS bestimmt. Die Bahndaten der passiven Satelliten sind durch die Einmessung von fixen Stationen aus mit einer Genauigkeit von wenigen Zentimetern bekannt. Die

beweglichen Einheiten vermessen die Punktpositionen sowohl für globale Netzbestimmungen als auch für Krustenbewegungen. WVR müssen bei allen VLBI Stationen verwendet werden. Fast zwanzig dieser mobilen Stationen sind bereits im Einsatz. Die ersten tektonischen Bewegungsmessungen werden ausgewertet.

GPS mit 18 Satelliten ist bereits voll einsetzbar. Im differentiellen Mode können 3-D Koordinatenunterschiede mit cm-Genauigkeit gemessen werden. Basislängen von über 1000 km sind möglich. Bei genauen Messungen, wie Krustenbewegungen, werden allerdings noch zusätzlich WVR eingesetzt. GPS hat bereits die traditionelle Transit-Dopplervermessung abgelöst. Die orthometrischen Höhen werden mit cm-Genauigkeit durch die Kombination von GPS Messungen mit Schwerfeldbestimmungen gerechnet. IAG plant einen internationalen Dienst zur präzisen Bahnbestimmung der GPS Satelliten.

ESA hofft noch immer, dass das Spaceborne Satellite Ranging System, das hauptsächlich für Krustendeformationsmessungen eingesetzt werden soll, genehmigt werden wird. NASA hat jedoch ein ähnliches System, allerdings hier im Flugzeug montiert, bereits mit Erfolg eingesetzt. Das Erdschwerefeld wird mit GRAVSAT durch SST und präzisen SA mit einer Auflösung von 50 km global erforscht.

GPS hat neue Möglichkeiten zur genauen Positionsbestimmung eröffnet, ohne dass der P-Code bekannt sein muss. Ein «zivils GPS» ist nicht mehr im Gespräch. POP-SAT wird mit Sicherheit starten.

In aktiven Bruchzonen der Erdkruste werden die Deformationen mit Zweiwellenlängen-EDM bis zu 20 km Basislänge mit höchster Genauigkeit vermessen. Auch das geometrische Präzisionsnivelement wird durch das refraktionsfreie trigonometrische Nivellementsystem RPLS ersetzt. Strainmeters, Tiltmeters und Schweremesser sind permanent eingebaut, um das tektonische Verhalten nahe der Bruchzone studieren zu können.

Die relativen Schweremesser sind durch die Verwendung des Superconducting Gravimeters im stationären Betrieb noch genauer geworden. Transportable Absolut-schweremesser sind bereits routinemässig im Einsatz.

Das Problem der verlässlichen und repräsentativen Punktvermarkung wurde noch nicht gelöst und ist zu einem Zentralproblem der Geodynamik geworden.

B. Landesvermessung

Eine Landesvermessung im klassischen Sinne existiert nicht mehr. Vor allem GPS und ISS haben Änderungen herbeigeführt. Es ist keine Sichtverbindung zwischen den Punkten mehr gefordert. Daher hat sich die Planung und Fehlerfortpflanzung in Netzen grundlegend geändert.

Bei grösseren Vermessungsaufgaben werden die GPS-Empfänger zweckmässig mit einer Master-Station und mehreren Slave-Stationen eingesetzt.

Für die Landesaufnahme werden die Festpunkte in Abständen bis zu wenigen km mit GPS genau und wirtschaftlich eingemessen. Die weitere Detailaufnahme wird mit den traditionellen Methoden der Distanz- und Winkelmessung ausgeführt. Die Bestimmung der Koordinaten und Orientierung der Kameraposition bei der photographischen Landesaufnahme wird mit Hilfe von GPS-Empfängern im dynamischen Verfahren routinemässig ausgeführt.

Die ellipsoidischen Höhen der GPS-Punkte sind für verschiedene Aufgabenstellungen nicht ausreichend. Es werden daher trigonometrische Höhenzüge für das Präzisionsnivelement ausgeführt, wobei die Zenitwinkel refraktionsfrei gemessen werden. Bei Projekten mit höchsten Genauigkeitsanforderungen werden Dispersionsgeräte sowohl für die Distanzmessung als auch für

die Richtungsmessung eingesetzt.

Die Grundlagen für die Kartenherstellung in Entwicklungsländern werden mit ISS (unterstützt durch GPS) ausgeführt. Es ergibt sich dafür eine gute «Preis pro Punkt» Relation. Für andere Aufgaben sind diese Geräte noch zu ungenau oder zu teuer. Mit der Einführung der neuen Generation von ISS könnte sich diese Situation jedoch stark ändern.

Das globale 3-D Koordinatensystem ist zur Grundlage für alle geodätischen Berechnungen geworden. Der Zusammenhang zwischen verschiedenen Referenzsystemen wird durch spezielle Messverfahren (in wenigen Punkten angewendet), viel häufiger aber durch Interpolation der Messwerte hergestellt. Die astronomische Ortsbestimmung hat dafür noch nicht völlig ihre Bedeutung verloren.

Die Vermessung der wirtschaftlich wichtigen Kontinentalschelfe wird durch eine Kombination von GPS mit Sonartranspondern durchgeführt. DRAPLAB hat mit Erfolg das Supersystem ATP zum Einsatz gebracht (Video-Kamera, Laserprofile, ISS, Laserdistanzmessungen).

C. Ingenieurvermessung

Die Vermessung im Untertagebau wird immer als Bereich verbleiben, wo der Instrumentenhersteller in voller Kontrolle über Sender und Empfänger ist.

Die traditionellen geodätischen Instrumente (Theodolit, Nivellier und EDM) sind bis an ihre absolute Leistungsfähigkeit, vor allem im Hinblick auf die atmosphärischen Einflüsse, ausgereizt worden. Die elektronischen Theodolite wurden durch automatische Zielerkennung und präzise Zielerfassung weiter automatisiert, womit die Funktion des Beobachters weitgehend durch

umfangreiche Software ersetzt wird. Gute Modelle für das Beobachtungsschema und die Auswertung der Messdaten haben eine geringe Genauigkeitsverbesserung aber eine höhere Vertrauensschanke gebracht. Die Kreiselablesungen werden durch Mikroprozessoren unterstützt, und man hofft auf eine weitere Genauigkeitssteigerung. Daneben haben sich die Geräte durchgesetzt, die weitgehendst die atmosphärischen Einflüsse ausschalten. Dispersionsgeräte werden für präzise Distanzmessung, Richtungsmessung und Höhenmessung vor allem für Deformationsmessungen und genaue Absteckarbeiten eingesetzt.

Viele Vermessungsarbeiten, z.B. Bauwerksüberwachungen, werden bereits von vorprogrammierten Vermessungsrobotern mit on-line Auswertung durchgeführt.

D. Detailvermessung

Bei der Detail- und Katastervermessung werden sowohl die übergeordneten Referenzpunkte als auch die Detailpunkte mit GPS-Empfängern bestimmt, welche im dynamischen Mode die Bestimmung der Koordinaten der Messpunkte in wenigen Sekunden mit cm-Genauigkeit ermöglichen. Bedingung ist eine «Sichtverbindung» zwischen Empfänger und den Satelliten.

Bei geeigneten Projekten erledigen unbemannte Vermessungsautomaten die Detailvermessung und Absteckmessungen. Das Vermessungsprinzip ist unverändert die Polar- und Schnittmethode geblieben.

Selbstverständlich erfolgt die Datenregistrierung vollautomatisch. Kleinere Vermessungsbüros haben sich Systeme angeschafft, welche den Datenfluss ohne Unterbrechung von der Feldaufnahme bis zum Plan gestatten. Der Plotter ist ein Trommelplotter und der Rechner ein Personalcomputer, dessen Grösse nur noch durch das Keyboard und den Bildschirm bestimmt wird.

Über Terminals sind alle Vermessungsbüros an zentrale Datenbanken angeschlossen, wodurch der Zugang zu den verschiedensten Informationen effizient gewährleistet ist.

3. Interdisziplinäre Projektarbeiten

Die Ausführungen des Abschnittes 2.2 zeigen ganz klar, dass die künftigen Instrumente der Geodäsie durch eine Vielzahl von Technologien geprägt sein werden. Die Rolle des Geodäten ist im allgemeinen auf die des Anwenders und auf die Interpretation der Messergebnisse geschrumpft. Aber auch dabei wird sich der Geodät auf ein Team von Experten, z.B. Geophysiker, Meteorologen, Geologen und Biologen abstützen müssen.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind für die Instrumentenentwicklung die folgenden Schlüsseltechnologien von Bedeutung: schnelle Mikroprozessoren, Laser, Faseroptik, integrierte Optik, digitale Bilderfassung, digitale Signalverarbeitung und Software mit entsprechenden Auswertalgorithmen. In Zukunft können Geräteentwicklungen daher nur mehr im Team von Fachleuten der verschiedenen Disziplinen durchgeführt werden. Eine altbewährte Form der Teamarbeit ist die Kooperation von Universitäten und amtlichen Stellen mit der Industrie.

Wild Heerbrugg engagiert sich daher in einigen interdisziplinären Projekten zur Entwicklung von modernen Vermessungssystemen. Da interdisziplinäre Forschungsprojekte ebenfalls ein vitales Anliegen der SGK sind, wollen wir hier im folgenden drei Projekte kurz vorstellen. GPS wurde in seiner umfassenden Bedeutung für die Geodäsie bereits dargestellt. Dieser Herausforderung entsprechend entwickeln die Firmen Wild Heerbrugg und Magnavox gemeinsam die GPS-Vermessungsausrüstung WM101. Das handliche Feldgerät WM101 und auch die benutzerfreundliche Post-Processing Software PoPS sind speziell für die geodätischen Anwendungen ausgerichtet. Die Hauptmerkmale des Empfängers sind: Vierkanal C/A Code Empfänger, Phasenmessungen an den wiederhergestellten Trägersignalen von bis zu sechs GPS-Satelliten gleichzeitig und die Aufzeichnung der Daten auf Kassette im Feldgerät.

Technische Details zum Empfänger wurden von Chamberlain et al. (1986) zusammengestellt. Genaue Positionsunterschiede werden mit der Post-Processing Software PoPS auf einem Personal Computer gerechnet. PoPS wird von Wild Heerbrugg entwickelt. Das Konzept, die Struktur und Merkmale von PoPS wurden von Frei et al. (1986) beschrieben. Die verwendeten Rechenmethoden sind eine Weiterentwicklung der bereits berühmten «Bern GPS Software». Die Rechenmodule werden in der Zusammenarbeit mit den Wissen-

schaftlern des Astronomischen Institutes der Universität Bern entwickelt.

Zur Entwicklung eines Robotertheodoliten beteiligt sich Wild Heerbrugg an einem Forschungsprojekt der Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Der Projektleiter hat seine ursprünglichen Vorschläge zu einem vollautomatischen Messsystem für die Detailpunktvermessung dargestellt, (Matthias, 1982).

Mit der Entwicklung eines motorisierten Rapid Precision Levelling Systems (RPLS) hat die amerikanische National Ocean- and Atmospheric Administration (NOAA) Wild Heerbrugg beauftragt. Die Ausschreibung des Projektes erfolgte 1985 und brachte dem Schweizer Vorschlag als vielversprechendste Lösung den Zuschlag. Bis Ende 1986 wird das Heerbrugg-Team in der Phase I sein Projekt konkretisiert haben, das als unabhängiges System nach der Methode des trigonometrischen Nivellements arbeiten wird und durch eine neuartige Technik die Eliminierung atmosphärischer Einflüsse vorsieht. Von dieser Entwicklung verspricht sich nicht nur die zur NOAA gehörige Nationale Geodätische Vermessungsabteilung (NGS), sondern auch andere Vermessungsorganisationen, die an diesem Projekt ebenfalls beteiligt sind, eine zeit- und kostensparendere Präzisionsbestimmung und Kontrolle der Höhenetze.

Anhang: Abkürzungen

ATP	Aerial Profiling of Terrain System
DoD	Department of Defence
DRAPLB	Charles Stark Draper Laboratories
EDM	Elektromagnetische Distanz Messung
ESA	European Space Agency
GPS	Global Positioning System
GRAVSAT	Gravity Field Mapping Satellite
IAG	International Association of Geodesy
ISS	Inertial Surveying System
LLR	Lunar Laser Ranging
MOBLAS	Mobile Laser Ranging System

NASA	National Aeronautics and Space Administration
NGS	National Geodetic Survey
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
POPSAT	Precise Orbit Positioning Satellite
RPLS	Rapid Precision Levelling System
SA	Satellite Altimeter
SGK	Schweizerische Geodätische Kommission
SLR	Satellite Laser Ranging
SST	Satellite-to-Satellite Tracking
TLRS	Transportable Laser Ranging Station
VLBI	Very Long Baseline Interferometry
WVR	Water Vapour Radiometer

Literatur:

- Baumann E., Brunner F.K., Ehbets H., Piske W. (1984): Die Module eines kompletten Vermessungssystems. *öZfVuPh* 72: 101-114.
- Chamberlain S., Eastwood R., Maenpa J. (1986): The WM 101 GPS Satellite Surveying Equipment. *Proc 4th Int Geod Symp Satellite Positioning*, Austin. in print.
- Frei E., Gough R., Brunner F.K. (1986): PoPS (TM): A New Generation of GPS Post-Processing Software. *Proc 4th Int Geod Symp Satellite Positioning*, Austin. in print.
- Grimm K., Frank P., Giger K. (1986): Distanzmessung nach dem Laufzeitmessverfahren mit geodätischer Genauigkeit. *Wild Heerbrugg Bericht*. 16 p.
- Katowski O., Salzmann W. (1983): Das Kreisabgriffsystem im THEOMAT TM Wild T2000. *Wild Heerbrugg Bericht*. 10 p.
- Matthias H. (1982): Der Topomat. *VPK* 80: 123-125.
- Strasser G. (1975): Neue Techniken und Ihre Instrumente für die Geodäsie. *VPK* 73: 215-219.

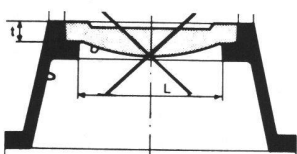
Adresse der Verfasser:

Fritz K. Brunner, Dipl.-Ing. Dr. techn.
H.R. Schwendener, Dipl.-Ing. ETH
Wild Heerbrugg AG, CH-9435 Heerbrugg

Mehr Sicherheit im Strassenverkehr mit

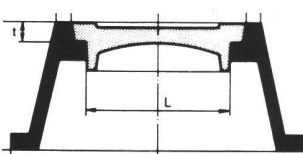
Chrétien-Polygonkappen

Bisher:



Deckel nur eingelegt

Neu:



Deckel ist geführt. Herausspringen unmöglich



seit 1883

Chrétien & Co.

Eisen- und Metallgiessereien
4410 Liestal

Tel. 061/91 56 56