

# Realisierung der AV93-Vorschriften bezüglich Punktqualität mit GEOS4

Autor(en): **Graf, A.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **92 (1994)**

Heft 9

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-235091>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Realisierung der AV93-Vorschriften bezüglich Punktqualität mit GEOS4

A. Graf

Die AV93 sieht als Qualitätssicherung für die Punktberechnung die Bestimmung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit vor. Diese Vorschriften gelten sowohl für Lage/Höhenfixpunkte als auch für Detailpunkte. Ausgehend von den Bedürfnissen der Parzellarvermessung ergaben sich für den Berechnungsteil des geographischen Landinformationssystems GEOS4 zur Realisierung dieser Vorschriften einige konzeptionelle Unterschiede zu einem reinen Triangulationsberechnungsprogramm. GEOS4 ist eine vollständige Lösung, in der alle Aspekte der amtlichen Vermessung von der Feldaufnahme bis hin zum Plan für das Grundbuch integriert sind. Im folgenden Artikel wird aber ausschliesslich der Berechnungsteil beschrieben, der auf Wunsch aus dem Gesamtpaket GEOS4 herausgelöst werden kann.

*La MO93 prévoit la détermination de la précision et de la fiabilité comme garantie de qualité pour le calcul des points. Ces prescriptions sont valables pour la situation et l'altitude des points fixes et également des points de détails. Partant des besoins de la mensuration parcellaire, la réalisation de la partie «calcul» du SIT GEOS4 a été conçue d'une manière différente de celle d'un programme de calculs purement trigonométriques. Cette partie «calcul» peut être sortie du paquet de programmes, lequel offre une solution vraiment intégrée de tous les aspects de la mensuration officielle, depuis le lever de terrain, jusqu'à l'établissement du plan du registre foncier. Le présent exposé est uniquement consacré à la description des calculs.*

### Rahmenbedingungen

Durch den selber formulierten Anspruch, GEOS4 zu einem praxisbezogenen, an der alltäglichen Arbeit eines Vermessungsbüros orientierten Instrumentarium zu entwickeln, mussten speziell die folgenden Sachzwänge berücksichtigt werden:

- schnelle, automatisierte Verarbeitung einer grossen Anzahl von Aufnahmeelementen bei der Berechnung von Detailpunkten
- der Zeitaufwand, einen Punkt aufzunehmen, darf aus wirtschaftlichen Gründen nicht hoch sein
- in Überbauungen oder im Wald müssen auch Messanordnungen eingesetzt werden können, die nur eine minimale Redundanz zur Folge haben
- beim Aufarbeiten «alter» Vermessungen muss auf die Punktklassen ausgewichen werden können, falls keine Instrumentenfehler bekannt sind.
- unter dem Druck, schnell Resultate erzeugen zu können, müssen provisorische Werte später in bessere Resultate überführt werden können
- Qualitätsnachweis für die Fixpunkte der Parzellarvermessung, ausgehend vom Polygonzug/Polygonnetz, muss auf eine einfache, elegante Art und Weise möglich sein.

Daraus ergaben sich folgende Konsequenzen für die Entwicklung von GEOS4:

- Drei verschiedene Berechnungsmodi:  
Projekt-Modus:  
Ohne Einschränkungen durch Vorschriften der amtlichen Vermessung  
ADV-Modus:  
Nachführung bestehender Vermessungswerke nach ADV-Weisungen  
AV93-Modus:  
Qualitätsanforderungen der AV93 müssen erfüllt werden.  
Der Berechnungsmodus kann praktisch jederzeit gewechselt werden. Dadurch wird es möglich, bei Katastererneuerungen oder im Rahmen der Nachführung schrittweise den Qualitätsnachweis zu erbringen. Mittels Entscheidungstabellen können dann im weiteren zum Beispiel digitalisierte Punkte ersetzt werden.
- Eigene Leitzahlen und eindeutige Punktnummern pro thematische Ebene, sowie automatische Numerierung und Verknüpfung zwischen Art-Code, Punkttyp und Symbol sind weitere Elemente, die dem Praktiker ein rasches Arbeiten ermöglichen.
- Datenfluss von der Registrierung der Beobachtungen über das Stationsblatt bis zur Berechnung mit anschliessendem Eintrag des berechneten Neu-

punkts in die Datenbank und Kennzeichnung der Messungen mit «FALSCH» oder «BERECHNET».

- Alle Resultate von Berechnungen können direkt ausgedruckt oder in eine Datei geschrieben werden. Es stehen Gruppierungsmöglichkeiten, sowie sechs virtuelle Drucker zur Verfügung.

### Ablaufschema Punktberechnung

Die Punktbestimmung in GEOS4 zur Erfüllung der AV93-Anforderungen gliedert sich in drei Bereiche:

- Polygonnetze oder in der Nachführung nur ein Polygonzug
- Einzelpunkteinschaltung, das heisst Berechnung eines einzelnen Neupunkts mit den verschiedensten Aufnahmekonfigurationen
- Detailpunktbestimmung: jeder einzelne Punkt wird mit allen vorhandenen Aufnahmeelementen (Polar, Orthogonal-aufnahmen und/oder Kontrollmasse) einzeln ausgeglichen.

Die für einen strengen Ausgleich zusätzlich erforderlichen Parameter (Abb. 1) werden direkt im Programm interaktiv über Menus und Masken eingegeben; eine mühsame Eingabe über Befehlszeilen entfällt somit. Allfällige Korrekturen an Messungen oder Systemparametern können unmittelbar an die Fehlermeldungen vorgenommen werden, ohne zum Beispiel langwierige Datentransfers zu systemexternen Berechnungsprogrammen durchzuführen.

### Polygonzug / Polygonnetz

Lage und Höhe werden getrennt durch eine vermittelnde Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Dies hat folgende Vorteile gegenüber einer dreidimensionalen Netzberechnung:

- Bei einer gemeinsamen Ausgleichung ist die Anzahl der Unbekannten pro Station grösser. Dies wirkt sich negativ auf die Rechenzeit aus.
- Die Interpretation der Ergebnisse gestaltet sich einfacher, da bei einer gemeinsamen Lage/Höhenausgleichung zwei verschiedene Bezugssysteme miteinander verknüpft werden und deshalb die Korrelation speziell bei den Gewichtsverhältnissen nicht zu unterschätzen ist.
- Getrennte Ausgleichung muss auf jeden Fall möglich sein, da nicht jeder Benutzer notwendigerweise an einer Höhenberechnung interessiert ist.

Vor der Realisierung der eigentlichen Messungen ist eine a priori Berechnung möglich (nächste Version GEOS4), bei der eine Genauigkeits- und Zuverlässigkeits-

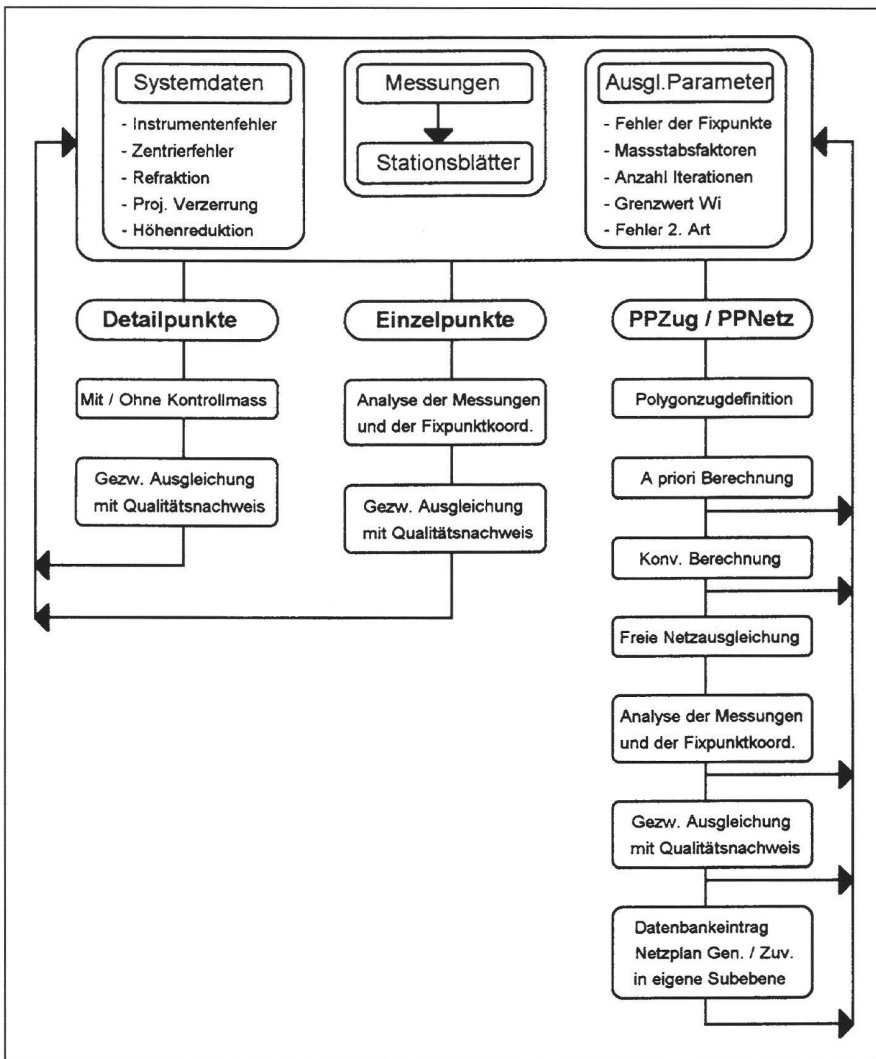


Abb. 1: Schema Punktberechnung.

analyse zur Optimierung der Netzanlage durchgeführt werden kann. Für diese Präanalyse ist es sehr wichtig, dass die eingesetzten Messgeräte systematisch geeicht werden, da die Zuverlässigkeitsindikatoren und die a priori Fehlerellipsen neben der Netzgeometrie wesentlich von den mittleren Fehlern der Beobachtungen abhängig sind.

Die notwendigen Näherungswerte für den strengen Netzausgleich werden durch eine konventionelle Berechnung des Polygonnetzes bestimmt. Das bedeutet, dass die neu zu bestimmenden Punkte in einer Polygonzugdefinition enthalten sein müssen. Dies ist in der Parzellarvermessung keine allzu grosse Einschränkung, da Polygonnetze oder in der Nachführung Polygonzüge auch heute noch durchaus ihre Berechtigung haben, man denke nur an Wald- oder Stadtgebiete. Diese Art der Näherungswertbestimmung bietet zudem noch weitere Vorteile:

- Zusätzliches, spezielles Programm zur Bestimmung der Näherungskordinaten entfällt.
- Grobe Messfehler, Punktverwechslun-

gen, falsche Koordinaten der Fixpunkte werden durch die konventionelle Berechnung schon aufgedeckt, das heisst, dass sich zum Beispiel ein provisorischer Abriss mit allen Netzpunkten als Festpunkte in den meisten Fällen erübrigt.

- Die eindeutige Bestimmbarkeit der Neupunkte mit den definierten Beobachtungen ist für den strengen Netzausgleich gewährleistet. Auch eine Überprüfung extern eingeführter Näherungswerte ist auf diese Art und Weise elegant gelöst.
- Einstieg in die spezielle Problematik der strengen Netzausgleichs ist für ungeübte Praktiker, denen das Polygonnetz bestens vertraut ist, wesentlich einfacher.

Der Benutzer hat trotzdem die Möglichkeit, zum Beispiel die Zuverlässigkeit eines langen gestreckten Polygonzuges dadurch zu erhöhen, dass er sogenannte Zwischenorientierungen misst und dadurch eine wesentliche Stabilität des gesamten Netzes erreicht (Zuverlässigkeit!). Das können in der Lageberechnung Richtun-

gen und/oder Distanzen, und für die Höhenberechnung zum Beispiel nur Zenitwinkel sein. Diese Zwischenvisuren werden bei der konventionellen Berechnung nicht mitberücksichtigt, im strengen Netzausgleich bewirken sie aber eine Lockerung der starren polygonalen Netzstruktur. Auch Triangulationsnetze, die eigentlich keinen polygonalen Charakter aufweisen, können somit berechnet werden, da die Messungen für eine «fiktive» Polygonzugdefinition in den meisten Fällen vorhanden sind. Der Vergleich eines Netzausgleichs mit dem LTOP-Programm und GEOS4 ergab identische Resultate.

In einem ersten Berechnungsdurchgang wird das Netz für die Lageberechnung auf drei Koordinatenwerten gelagert, bei der Höhenausgleichung auf einer Höhe. Anschlussvisuren und sogenannte Zwischenorientierungen werden mit einem hohen mittleren Fehler versehen, um jeglichen Zwang auf das Netz zu vermeiden. Diese freie Netzausgleichung wird nur für die Analyse der mittleren Fehler der einzelnen Distanzmessgeräte, respektive der Höhendifferenzen verwendet und hat zur Folge, dass zum Beispiel die mittleren Koordinatenfehler der Anschlusspunkte besser angepasst werden können. Der mittlere Gruppenfehler der Richtungen wird generell in allen Berechnungsdurchgängen nicht bestimmt, da die einzelnen Richtungsgruppen sehr inhomogen sind. Die äusseren Richtungen sind zusätzlich mit dem Fehler der Anschlusspunkte behaftet und auch der Zentrierfehler wirkt sehr unterschiedlich auf kurze oder lange Visuren. In kleineren Polygonnetzen oder speziell nur bei einem Polygonzug würde ein mittlerer Richtungsgruppenfehler (a posteriori) wegen der sehr geringen Redundanz und der oben erwähnten Inhomogenitäten nur zu Fehlinterpretationen verleiten.

In der zweiten Berechnung können die eigentlichen Beobachtungen mit den bekannten Zuverlässigkeitsindikatoren  $Z_i$  und NABLA sowie den Fehlerindikatoren  $W_i$  und  $G_i$  analysiert werden. Da die Polygonfixpunkte eines Netzes nie fehlerfrei sind, würde eine Analyse der Beobachtungen durch diese Netzzwänge stark verfälscht werden. Daher werden auch die Koordinaten (respektive Höhen) der Anschlusspunkte als Beobachtungen eingeführt. Einerseits erreicht man damit, dass die Anschlusspunkte nicht mehr zwingend auf die Messungen einwirken und gleichzeitig können die Netzfixpunkte mit den gleichen Indikatoren wie die Messungen analysiert werden. Zu beachten ist, dass die Indikatoren nur dann eine richtige Analyse zulassen, wenn das zugrundeliegende stochastische Modell realistisch ist, das heisst wenn die Wahl der mittleren Fehler a priori für die Messungen den tatsächlichen Verhältnissen angepasst ist.

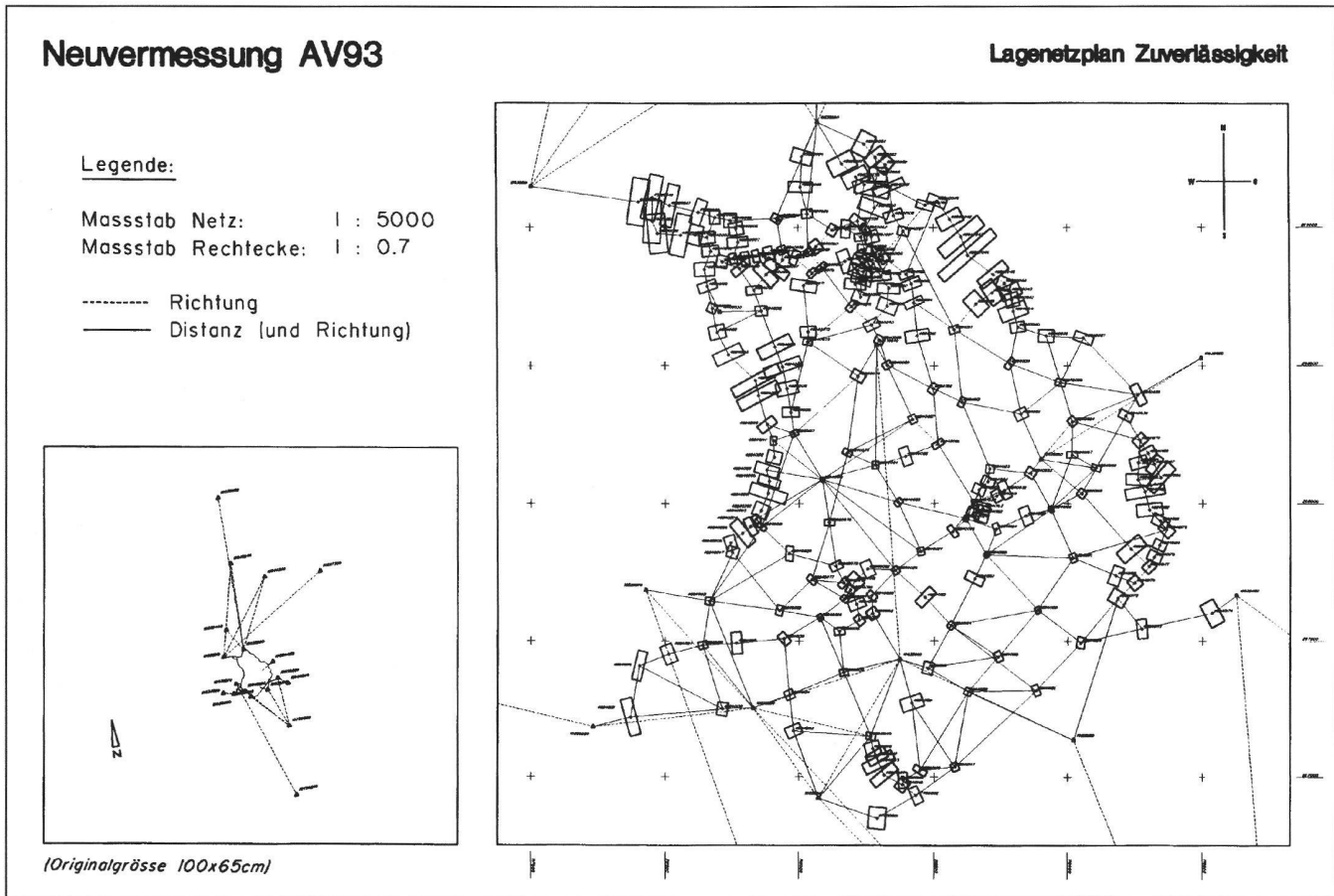


Abb. 2: Netzberechnung.

In der abschliessenden gezwängten Ausgleichung werden die Anschlusspunkte aus hierarchischen Gründen als fixe Grössen betrachtet. In dieser Berechnung werden die endgültigen Neupunkte mit ihren Fehlerellipsen, den Zuverlässigkeitsrechtecken und daraus folgend den Qualitätscodes nach den AV93-Anforderungen bestimmt.

Für die Polygonnetze besteht in GEOS4 die Möglichkeit, jeden einzelnen Ausgleich, also sowohl Lage- und Höhenberechnung, separat abzuspeichern, um eventuell später das gesamte Netz mit Fehlerellipsen oder Zuverlässigkeitsrechtecken zu zeichnen (Abb. 2). Die interne Verwaltung solcher Netzablagen leistet Gewähr, dass das gerechnete Netz im Zustand der aktuellen Berechnung erhalten bleibt. Es ist zum Beispiel nicht möglich, zu einem späteren Zeitpunkt einen Netzpunkt in der Ebene der Netzablage zu verschieben, da dann die gesamte Netzstruktur inkonsistent würde.

Prinzipiell können mit GEOS4 beliebig grosse Netze ausgeglichen werden, das heisst von der Programmseite her ist keine Beschränkung vorhanden. Einschränkend wirkt aber die Grösse des zur Verfügung stehenden Platzes auf der Festplatte. Je grösser ein Netz, desto grösser die Anzahl der Unbekannten und dementsprechend auch eine grössere Normal-

gleichungsmatrix, die zu invertieren ist. Die Zeit für eine solche Inversion wächst exponentiell mit ihrer Grösse. Ein praktisches Beispiel, das kürzlich mit GEOS4 auf einem 486 DX2/66-PC mit 8 MB RAM gerechnet wurde, ergab folgende Rechenzeit: Für ein Netz mit 200 Neupunkten und 1300 Beobachtungen wurde für die Lage- und Höhenberechnung knapp eine Stunde Rechenzeit benötigt. Mit entsprechend mehr Arbeitsspeicher könnte die Rechenzeit noch weiter gesenkt werden, da dann die zeitaufwendigen Auslagerungen auf die Harddisk weiter reduziert würden. Auch im Bereich der dreifachen Inversion der Normalgleichungsmatrix bestehen für die Zukunft noch weitere Optimierungsmöglichkeiten der Rechenzeit.

Bei grossen Netzen ist generell zu empfehlen, wenn möglich in einer ersten Berechnungsstufe kleinere Teilnetze auszugleichen, da die Überprüfung der mittleren Beobachtungsfehler und das Aufdecken eventueller Messfehler in diesen kleineren Netzen wesentlich weniger Zeit erfordert.

### Einzelpunkteinschaltung

Wie bei der Polygonnetzberechnung wird der Neupunkt durch eine getrennte Lage- und Höhenausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt. Das

Programm prüft automatisch, ob mit der definierten Aufnahmekonfiguration (interaktiv über Eingabemasken) der Neupunkt geometrisch eindeutig bestimmbar ist, und berechnet die Näherungskordinaten. Es sind beliebige Netzkonfigurationen möglich, also von einer einfachen Polaraufnahme über einen kombinierten Seitwärts-einschnitt bis zu einem Rückwärts-einschnitt mit nur drei Richtungen oder einem Vorwärts-einschnitt mit 20 Richtungen (zum Beispiel Kirchturmspitze). Auch eine freie Station wird hier durch eine vermittelnde Ausgleichung und nicht durch eine Helmert-Transformation bestimmt. Der Vorteil ist, dass auch Richtungsvisuren ohne zugehörige Distanzmessungen mitverwendet werden. Zudem ist es möglich die Messungen mit den üblichen Zuverlässigkeitsindikatoren zu analysieren. In einem ersten Berechnungsdurchgang werden die Zuverlässigkeitsindikatoren für die Analyse der Messungen und der Anschlusspunktkoordinaten berechnet. Durch die Einführung der Koordinatenbeobachtungen wird einerseits der Zwang der Anschlusspunkte eliminiert, andererseits erlaubt es gleichzeitig die Analyse der Fixpunkte.

In der definitiven, gezwängten Ausgleichung werden der Qualitätscode und die definitiven Neupunktkoordinaten bestimmt. Bei vielen Dispositionen mit

# Partie rédactionnelle

schlechter Netzgeometrie oder sehr kleiner Übereinstimmung sollte die Analyse der Messungen und Fixpunkte sowie der Qualitätscode kritisch hinterfragt werden.

## Detailpunkte

Die grössten Probleme bei den Detailpunkten ergeben sich aus der häufig sehr grossen Datenmenge von neu zu bestimmenden Punkten und den verschiedenen Beobachtungstypen (Polaraufnahmen, Orthogonal-aufnahmen und Kontrollmasse) einer solchen Punktbestimmung. Die eleganteste Methode, diese Detailpunkte streng auszugleichen, ist eine gezwängte Teilausgleichung für jeden einzelnen Punkt, wobei die vorher berechneten Basispunkte und Detailpunkte als fehlerfrei angenommen werden. Dabei werden alle vorhandenen Beobachtungen zu diesem Neupunkt (Polar-aufnahmen, Orthogonal-aufnahmen, Kontrollmessungen) zusammen ausgeglichen. Diese Methode bietet den Vorteil, dass sie sich sehr gut automatisieren lässt, etwa im Gegensatz zu einem Lösungsansatz mit der Vorgabe von speziellen Messanordnungen. Eine Höhenausgleichung wird bei den Detailpunkten nicht durchgeführt, da diese Berechnung eigentlich nur für die Polaraufnahme sinnvoll ist. Die Höhenbestimmung einer oder mehrerer Polarauf-

nahmen kann aber problemlos über einen Vorwärtseinschnitt (Einzelpunkteinschaltung) gelöst werden. Für die Kontrollmasse besteht die Option, sie für den strengen Ausgleich wegzulassen, da eventuell alte ungenaue Aufnahmen die Berechnung zu stark verfälschen würden. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass sich auf diese Weise auch grösste Datenmengen innert kürzester Zeit bearbeiten lassen. Die Interpretation der ausgewiesenen Resultate – man denke zum Beispiel an eine nicht redundante Polaraufnahme – kann aber auch durch modernste Berechnungsprogramme wie GEOS4 dem Benutzer nicht abgenommen werden.

## Schlussbemerkungen

Die Erfahrungen mit dem Berechnungsteil von GEOS4 von momentan (Stand Juni 1994) über 40 verschiedenen Anwendern, wie die eidgenössische Vermessungsdirektion, kantonale Vermessungsämter, Gemeinden oder private Ingenieurbüros, sind durchwegs positiv und zeigen, dass sich GEOS4 als praxisnahes, bedienungsfreundliches Instrument für die tägliche Arbeit in der amtlichen Vermessung als quasi Standard durchsetzen wird. Das darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass noch nicht abschliessend beurteilt werden kann, ob die Grenzwerte

der technischen Vorschriften in der Praxis auch tatsächlich in jedem Fall erreichbar sind. Man denke nur an die Teilredundanz der Beobachtungen in einem langen Polygonzug ohne jegliche Zwischenvisuren. Auch die Grenzwerte der normierten Verbesserungen sind nicht unproblematisch. Will man eine sichere Aussage mit einer geringen Irrtumswahrscheinlichkeit, dann sind schlussendlich die Zuverlässigkeitsrechtecke dementsprechend hoch und die Anforderungen werden eventuell nicht mehr erfüllt. Werden diese Grenzwerte für die normierten Verbesserungen aber zu tief angesetzt, werden Beobachtungen als fehlerhaft ausgewiesen, die eigentlich fehlerlos sind. Generell sollte man die Anforderungen nicht zu tief ansetzen, da sonst die Gefahr besteht, dass die Kontrollen überflüssig werden, andererseits sollten sie mit einem vernünftigen wirtschaftlichen Aufwand zu erreichen sein. Die praktische Erfahrung hat aber bis anhin gezeigt, dass die momentan geltenden Vorschriften mit praktisch allen Polygonnetzdispositionen problemlos erfüllt werden konnten.

Adresse des Verfassers:  
Andreas Graf  
dipl. Vermessungsing. ETH  
a/m/t Software Service AG  
Obergasse 2a  
CH-8400 Winterthur

## Fotografische Messtechnik

# RolleiMetric



Bauten, Industrie-Anlagen  
oder Apparate schnell,  
präzise und berührungsfrei  
dreidimensional vermessen.

RolleiMetric löst alle Ihre  
Vermessungs-Aufgaben.  
Fragen Sie uns. Wir sind die  
Vermessungs-Spezialisten.

**STÄDLIN+FUCHSER AG**  
Photogrammetrie, Langnaustr. 16  
3532 Zäziwil, 031 711 31 51

**OTT+WYSS AG**  
Fototechnik, Napfweg 3,  
4800 Zofingen, 062 51 70 71

# Rollei

phototechnic



Bitte senden Sie uns eine umfassende Dokumentation über Rolleimetric.

Firma: \_\_\_\_\_  
Name: \_\_\_\_\_  
Adresse: \_\_\_\_\_  
PLZ / Ort: \_\_\_\_\_

**Rollei**  
phototechnic

# Fr. 500.- für Ihre Gesundheit

Sie erhalten von der Krankenkasse CSS ein persönliches Gesundheitskonto im Wert von Fr. 500.-. Jedes Jahr. Zum Beispiel für einen ärztlichen Checkup, Rückengymnastik, Schwangerschaftsturnen usw.

## Treten Sie ein!

Ihre örtliche Agentur berätet Sie gerne.



**CSS**  
VERSICHERUNG