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: 74 (1976)

Heft: 7

Artikel: Die Kontrolle der Triangulationspunkte bei der Fixpunktverdichtung für die Parzellarvermessung (PV)

Autor: Gfeller, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-228351

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: 22.08.2025

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

Die Kontrolle der Triangulationspunkte bei der Fixpunktverdichtung für die Parzellarvermessung (PV)

P. Gfeller

Résumé

Le réseau des points fixes de 4e ordre constitue la base de relation pour toutes les mesures et tous les calculs de chaque mensuration cadastrale. L'état et la position en coordonnées de ces points généralement établis depuis de longues années déjà doivent être contrôlés d'une manière efficace et économique avant leur utilisation dans la mensuration parcellaire.

La combinaison de ces mesures de contrôle avec la phase de condensation des points fixes apparait être parfait. Les méthodes actuelles de mesure et de calcul électroniques permettent de déterminer à peu de frais les points considérés comme insuffisants. Les mesures à prendre pour la nouvelle détermination de ces point n'entrent pas en considération, du moins dans la théorie. Des exemples pratiques rendent compte de l'évolution historique et montrent les difficultés rencontrées lors de la réalisation de ce problème.

1. Einführung

Es ist jedermann klar und selbstverständlich, dass die Triangulation 4. Ordnung die verbindlichen Bezugs- und Ausgangspunkte für die Parzellarvermessung darstellt. Da zwischen der Erstellung der Triangulation und deren erstmaligen Benutzung für die PV eine Zeitspanne verstreicht – die heute oft einige Jahrzehnte ausmacht –, war es immer schon klar, dass vor der Punktverwendung eine *Kontrolle* zu treten habe.

Die Vorschriften für die PV sehen denn auch vor, dass vor Beginn der Messungen die für die Verwendung als Anschlusspunkte vorgesehenen Signale zu begehen und zu kontrollieren seien. Traditionellerweise bestand diese Kontrolle meistens darin, dass das Signal anhand des Krokis aufgesucht, die Kontrollmasse auf noch vorhandene Rückversicherungspunkte gemessen und verglichen wurden, und dass ferner die gute Steinlage durch Augenschein, einen kräftigen Fusstritt und eine einspielende Wasserwaage auf der Steinoberfläche kontrolliert wurden.

Abb. 1

Ehrlicherweise muss eingestanden werden, dass etwas anderes auch kaum gemacht werden konnte, da eine signifikante Überprüfung der Identität von aktueller Punktlage mit den offiziellen Koordinatenwerten die Nachmessung aller für die vormalige Bestimmung verwendeten Richtungen bedingt hätte – mit allem Zusatzaufwand für das Freilegen der Visuren, das Signalisieren der Punkte und die Messung ein kostspieliges Unternehmen. Die Einführung von elektronischen Distanzmessern in die Praxis und die Möglichkeit, komplexe Netze mit Computern auszugleichen, haben im letzten Jahrzehnt Wege freigelegt, die es gestatten, die Ausgangswerte eines PV-Operates materiell zu überprüfen.

2. Zielsetzung

Der «Grundbuch-Geometer» ist sich gewohnt, hohe Ansprüche vor allem an die Nachbargenauigkeit zu stellen. Er weiss, dass diese von der Aufnahmedisposition abhängt, nämlich von der Netzanlage, der Messgenauigkeit seiner Instrumente und der Sorgfalt der Punktidentifizierung. Selbstverständlich schloss er diese Messungen an das übergeordnete Grundlagennetz an und verteilte auftretende Koordinatenwidersprüche nach vereinfachten Regeln der Ausgleichungsrechnung, um zu einem widerspruchsfreien, einheitlichen System von Aufnahme- und Nachführungsfixpunkten – dem PP-Netz – zu kommen.

Bereits bei sorgfältigem Messen mit optischen Distanzmessern, vollends aber mit den EDM-Geräten, stellte er aber fest, dass der Abschlussfehler oft den Betrag übersteigt, wie er aus der innern Messgenauigkeit seiner Fixpunktverdichtung zu erwarten ist.

Die Ausgleichung auf die als unveränderlich-vorgegeben anzunehmende Triangulation verteilt daher oft Fehler, die nicht der Kategorie der zufälligen Messfehler angehören und bewirkt, dass im Operatsinnern «ausgeglichene» Koordinaten erzeugt werden, welche bei allen Nachführungsarbeiten sich als Spannungen gegenüber den Messwerten sauber geeichter Instrumente bemerkbar machen. Auf diese Erfahrung ist wohl auch die noch verbreitete Ansicht zurückzuführen, wonach die Nachführung anhand von Originalmessdaten besser sei als jene mit Daten, welche aus ausgeglichenen Punktkoordinaten gerechnet sind. Die ideale Voraussetzung der Parzellarvermessung ist daher die Existenz eines Grundlagenetzes, dessen Fixpunkte nicht nur einwandfrei versichert vorhanden und zugänglich sind, sondern deren Koordinatenwerte in einem homogenen, spannungsfreien Netz bestimmt wurden und nur mit *zufälligen* Fehlern in der Grössenordnung von 1 bis 2 cm behaftet sind.

Ziel der Fixpunktkontrolle muss es sein, Abweichungen von dieser Idealvorstellung mit minimalem Aufwand signifikant festzustellen.

Bei jeder PV wird in der Regel vor der Detailaufnahme eine Phase «Fixpunktverdichtung» eingeschaltet; die zeitliche Durchführung der zugehörigen Messungen

kann allerdings mit den Detailaufnahmen zusammengelegt werden.

Es liegt nun nahe, diese Phase der *Fixpunktverdichtung* auch zur Kontrolle der Triangulationspunkte zu verwenden. Wesentlich dabei ist die ausdrückliche Beschränkung auf die *Kontrolle*. Es soll festgestellt werden, ob das vorhandene Fixpunktnetz im aktuellen Zustand als Grundlage genügt oder nicht. Diese Kontrolle muss allerdings so erfolgen, dass signifikante, aussagefähige Schlüsse gezogen werden können, aber nicht mehr.

Welche mathematischen Hilfsmittel dabei zur Verfügung stehen, wurde uns an dieser Tagung bereits erläutert; auch über die Gerätemöglichkeiten sind wir orientiert.

Jede Entscheidung über eine *Änderung von Koordinaten* bestehender Punkte fällt in den Bereich der «Triangulationsnachführung»; sie ist von den dazu verantwortlichen Stellen zu treffen und erfordert meist zusätzliche Messungen und Berechnungen. Diese können aber gezielt auf die als ungenügend erkannten Punkte angesetzt werden, erfordern also weniger Mittel als eine durchgehende Neubestimmung.

Da erfahrungsgemäss alle diese Fragen der Koordinatenänderung auch begrifflich heikel und vielschichtig sind, soll anhand von Abb. 2 noch besonders auf die Notwendigkeit der subtilen Unterscheidung von Punkt und Punktversicherung eingegangen werden.

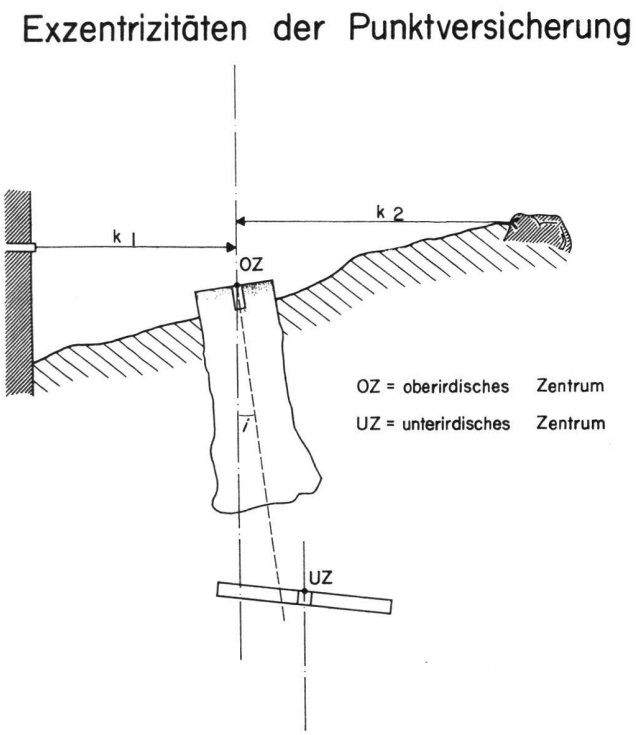


Abb. 2

Ein Übereinstimmen der Kontrollmasse Ist und Soll zeigt, dass das Punktzentrum OZ an der Steinoberfläche, das wir zur Zentrierung unserer Anschlussmessungen als «Punkt» ansprechen, relativ zu seiner unmittelbaren Umgebung nicht verändert ist. Die Überprüfung der Horizontallage der Oberfläche gestattet die Erweiterung dieser Aussage auf den ganzen Stein, sagt aber über die darunter freiliegende Bodenplatte nichts aus. Da diese unterirdische Versicherung ihren Sinn (nämlich die Sicherung) nur erfüllen kann, wenn sie effektiv zentrisch unter dem Stein liegt, wäre auch diese zu überprüfen – ein Grabaufwand, der nur dort getrieben werden kann, wo Punktänderungen begründet vermutet werden können. Dort ist er aber unbedingt durchzuführen.

Diese Betrachtungsweise geht davon aus, dass die physische Lage der Punktversicherung sich im lokalen Bereich verändert hat. Die Kontrolle soll aber auch aufdecken, ob bei unveränderter *lokaler physischer* Punktlage die Koordinaten dieses Punktes im Netz der andern Punkte als unverändert beziehungsweise als «spannungsfrei genug» gelten kann.

Im Falle *physischer* Veränderung handelt es sich um *Geländeverschiebung* lokalen oder grösseren Ausmasses; von Spannungen ist die Rede, wenn den Koordinatenwerten Inhomogenitäten anhaften, verursacht durch die Netzkonfiguration und/oder den Berechnungsgang der Originaltriangulation mit ihren sukzessiven Einzelpunkteinschaltungen.

Die Feststellung der Differenzen, deren Analyse und Beurteilung und das Festlegen der verantwortbaren Massnahmen gehören zu den schwierigsten, aber auch zu den fachlich dankbarsten Aufgaben des Ingenieur-Geometers. Zwischen der Maxime «der Fixpunkt ist per Definition fix» und der resignierten philosophischen Erkenntnis «alles bewegt sich» ist ein breites Feld kritischer und verantwortungsbewusst zu treffender Ermessensentscheide.

Ich halte zum Thema als Abschluss dieser allgemeinen Ausführungen nochmal fest: Zielsetzung ist, durch geeignete stichhaltige *Kontrollen* sich zu vergewissern, dass die vorgegebenen Triangulationspunkte als Bezugsrahmen für die PV genügen. Diese Zielsetzung ist theoretisch fundiert; sie scheint mir notwendig und hinreichend zu sein.

3. Eigene, praktische Erfahrungen

Auch der Praktiker versucht klare Ziele zu stecken. Ich gestehe aber gerne zu, dass die nun folgenden Beispiele in mancher Beziehung den heutigen theoretischen Forderungen nicht entsprechen. Ich stelle sie aus verschiedenen Gründen dennoch vor:

- weil sie Ihnen die Probleme konkreter und deutlicher aufzeigen können;
- weil sie eine methodisch-technische Entwicklung aufzeigen;
- weil sie Stoff zu einer Diskussion bieten, ob und wie die theoretisch wünschbare Trennung von Kontrolle und Neubestimmung zu realisieren sei.

Ich berichte Ihnen von folgenden drei eigenen Beispielen: PV Lufingen (1966–1970), PV Embrach (1968–1975), PV Realp (1973–1977).

Lufingen

1967 begannen wir die Parzellarvermessung Lufingen; sie war als Operat mit klassischer, optischer Polarmethode konzipiert, und es sollten durchgehend unter Einsatz der EDV Grenzpunkt-Koordinaten gerechnet werden (Abb. 3).

Der PV war eine GZ durch ein anderes Büro vorausgegangen. Die Fixpunktverdichtung bestand in der Anlage eines verknoteten Polygonnetzes mit 31 Haupt- und 262 Nebenbezügen, total 724 Polygonpunkte; die damals übliche Sichtkontrolle der Signalsteine ergänzten wir durch Mehrfachrichtungsanschlüsse auf den Signalen nach anderen Signalen in Perimeter. Die Messungen der PZ erfolgten gleichzeitig mit den Detailmessungen.

Die Sichtkontrollen ergaben einen einwandfreien Zustand für fast alle Signalpunkte. Bei den «von-Hand-Durchrechnungen» eines Hauptzuges zwischen den guten Signalen 175 und 176 zur Kontrolle des Instru-

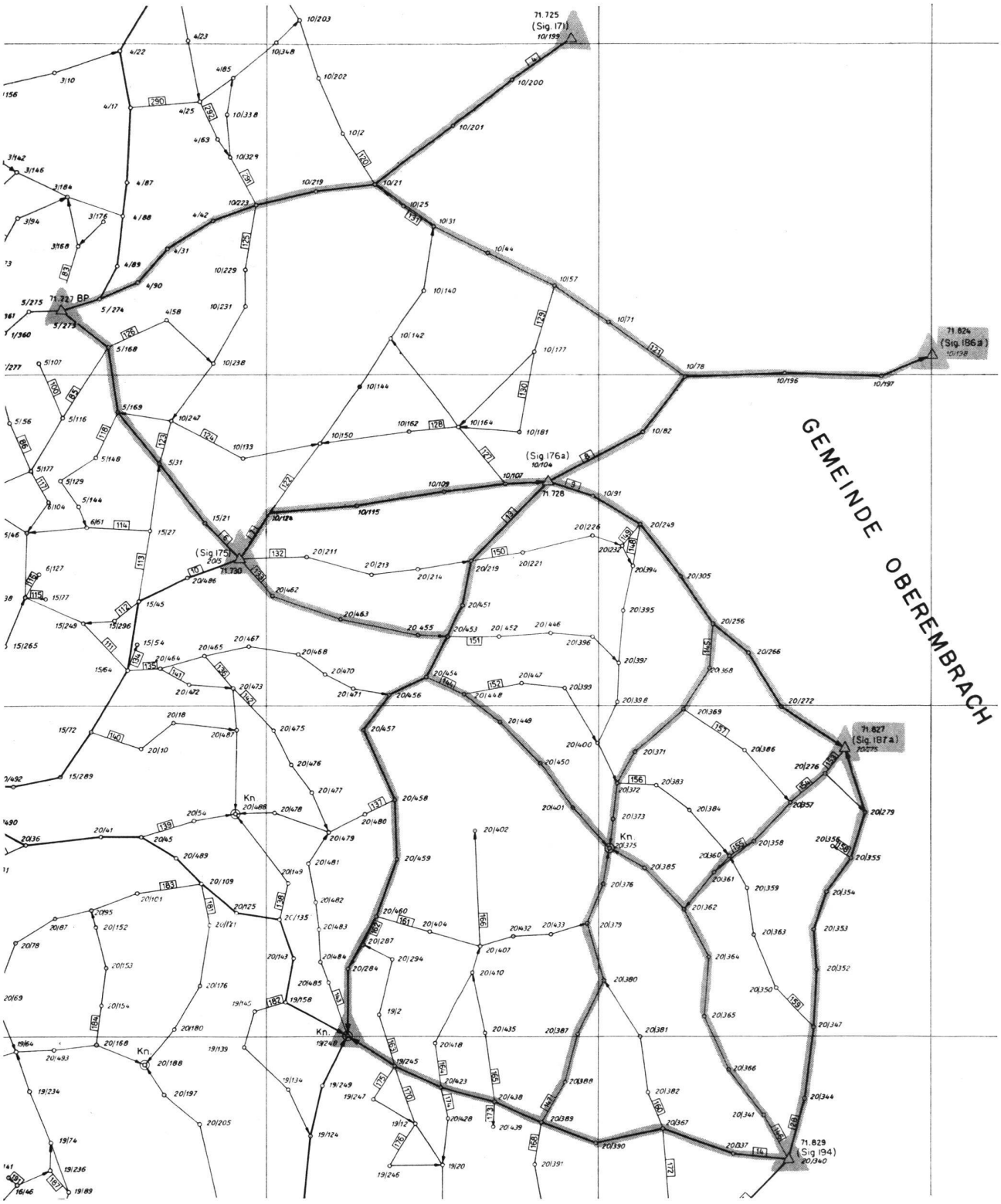
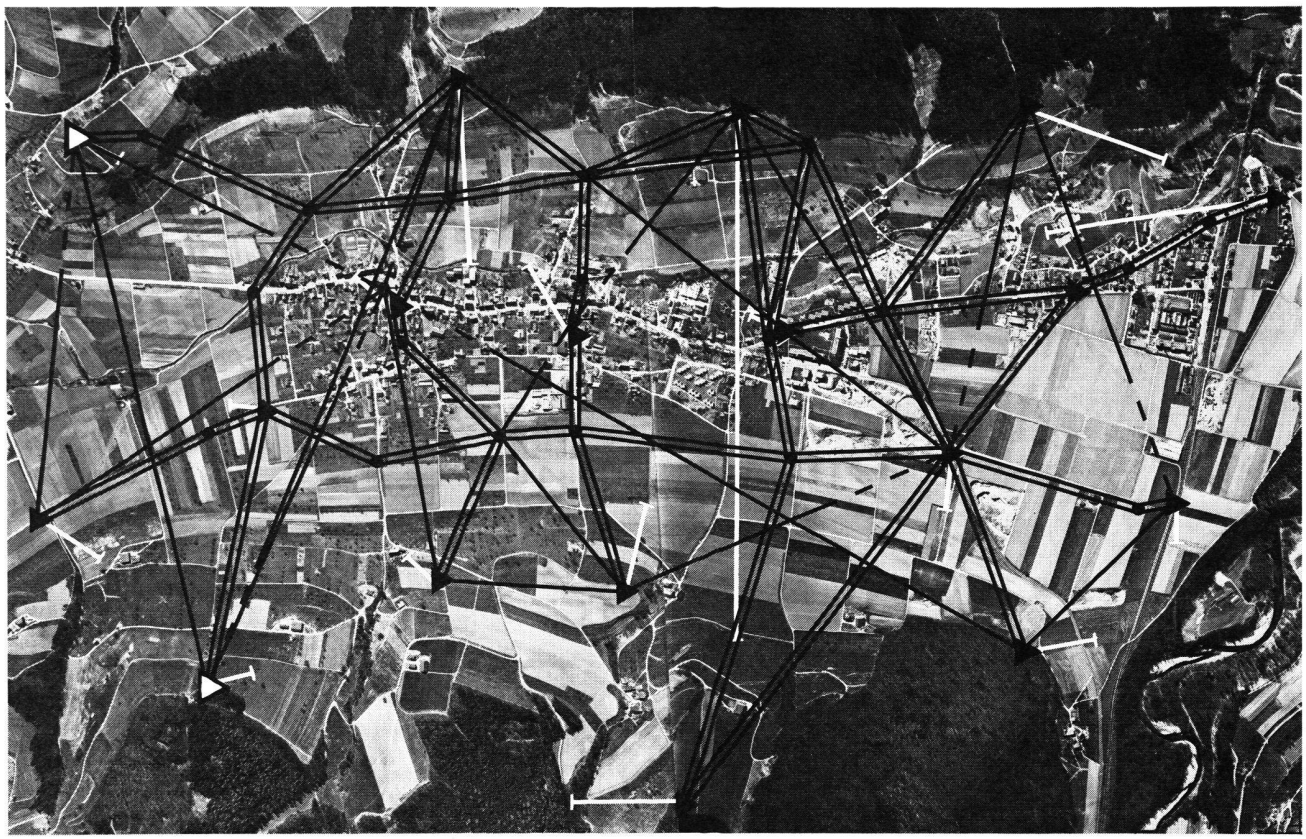


Abb. 3 Polygonnetz Lufingen: Durch Bilden von geschlossenen Netzmaschen lassen sich Fehler der Polygonzugsmessung von Fehlern an den Koordinaten der Anschlusspunkte trennen.



Massstab der Fehlervektoren:

ca. 5 cm

Abb. 4 Fixpunktverdichtung Embrach:
Schwarze Vektoren: = Distanz- und Richtung gemessen
— Richtung gemessen
Weisse Vektoren: Restfehlervektor nach der Helmerttransformation des freien Netzes in die Punkt 3. und 4. Ordnung

mentenmassstabes wurde jedoch aufgedeckt, dass Δ 176 einige Dezimeter falsch sein musste. Dieser Punkt wurde vom Kantonalen Vermessungsamt korrigiert. Trotz dieser Warnung wurden die anderen Δ als richtig der Polygonnetz-Berechnung zugrunde gelegt. Diese erfolgte nach konventionellen Ausgleichsverfahren, aber mit dem Programm der Digital AG für alle PZ gleichzeitig.

Die Abrisse auf den Signalen liessen keine Schlüsse auf Punktfehler erkennen.

Die lineraren Abschlussfehler vieler Züge lagen zwar innerhalb der für die Instruktionszone II geltenden Toleranz, jedoch mit Beträgen, welche die Kartiergenauigkeit namentlich im Dorfgebiet 1:500 sichtbar beeinflussten. Dank der starken Vermaschung der Netze gelang durch sorgfältige Analyse der Maschenabschlüsse der Nachweis, dass auch die peripheren Δ 186 und Δ 187 verfälschte Koordinatenwerte haben mussten. Dieser Nachweis veranlasste die Aufsichtsbehörde zur Neubestimmung. Die Verschiebung des Signals 186 zum Beispiel betrug 22 cm in der vorhergesagten Richtung.

Was ist daraus zu lernen?

Die klassische Konzeption der Polygonnetze setzt fehlerfreie Anschlusspunkte voraus. Polygonzüge sind schlecht geeignet, Fehler in den Anschlusspunkten aufzudecken; die Mehrfachrichtungs-Anschlüsse, gemessen mit dem Tachymeter, geben zu wenig genaue Hinweise auf Fehler im Bereich 1–2 Dezimeter.

Der Berechnungsaufwand für das PP Netz Lufingen erreichte etwa den dreifachen Betrag des Normalaufwandes. Man sucht zuerst Fehler bei sich, dann muss man der Aufsichtsbehörde den Gegenbeweis antreten und zuletzt alles ein weiteres Mal mit den bereinigten Δ-Koordinaten rechnen – ein mühsames und zeitverschlingendes Unternehmen.

Die Lehre für uns und die Aufsichtsbehörde war klar: unabhängige, vorgängige, signifikante Überprüfung im nächsten Operat. Dieses hiess Embrach, die Nachbargemeinde, wo ähnliche Verhältnisse zu erwarten waren.

Embrach

Die PV der grossen Gemeinde Embrach gedachten wir in 4 Teillosen nacheinander durchzuführen. Damit das Polygonnetz trotzdem homogen gestaltet werden konnte, wurde eine vorgängige Fixpunktverdichtung über das ganze Operat geplant mit Einsatz des neu verfügbaren Distanzmessers DI-10, in der Version für 1000 m Maxi-

maldistanz. Ausgeführt wurde dies in 2 Teilnetzen Süd und Nord, zeitlich getrennt gemessen und berechnet. Es wurden völlig getrennt von der «Parzellarvermessung» mit T 2 auf allen Netzpunkten Richtungssätze und gegenseitige Höhenwinkel je 2mal gemessen, ferner alle Distanzen hin und zurück.

Die in einem Tagespensum erfassbaren Punkte wurden zwangszentriert gemessen; es wurde darauf geachtet, dass alle kurzen Seiten, das heisst $S < 250$ m zu solchen Einheiten gehörten.

Im Teilnetz Süd zum Beispiel, mit 20 Signalen und 18 Verdichtungspunkten, wurden 114 Richtungen und 92 Distanzen gemessen; die mittlere Länge der beobachteten Richtung betrug 520 m, die mittlere Distanz 385 m. Die Berechnung erfolgte als strenge Gesamtausgleichung des freien Netzes; frei allerdings dadurch eingeschränkt, als 2 in der Talebene liegende Punkte als fix angenommen wurden (150, 171).

Dieses Netz führte zu Fehlerellipsen bezüglich dieser beiden Punkte von maximal 12 mm Halbachse bei $m_R = 10^{cc}$, $m_D = 0{,}9$ cm.

Durch die Wahl dieser Fixpunkte war bereits ein erster Koordinatenvergleich möglich. 10 der 20 Punkte erschienen dabei mit geringen Koordinatendifferenzen und wurden auch im Blick auf die Geologie als sicher vermutet. Sie dienten in der nächsten Berechnung als Stützpunkte einer Helmertransformation. Diese Helmertransformation ergab die in Abb. 4 gezeigten Verschiebungsvektoren.

Unsere Analyse bezeichnete die Punkte 148, 156 und 162 als signifikant unsicher, den Randpunkt 146 als unsicher und in Teil-Netz Nord neu zu beurteilen. Das Meva schloss sich dieser Beurteilung an und entschied, die aus den Helmertransformationen hervorgegangenen Punkte-Koordinaten als neue amtliche Werte direkt zu übernehmen.

Im Nordteil wurde analog vorgegangen.

Die festgestellten mangelhaften Punkte liegen übrigens meist in der Zone des Gehängelehms.

Diese Methode erwies sich als zweckmässig. Wir betrachten sie als Modell für das Vorgehen in ähnlichen Fällen.

PV Realp (Uri)

Der offene, langgestreckte Talkessel um Realp mit den untersten Partien der Steilhänge bildet das Vermessungslos I für die Parzellarvermessung. Für dieses Operat entschlossen wir uns zum Einsatz des Registriertachymeters AGA 700, wobei im offenen Gebiet fast ausschliesslich Doppelaufnahmen mit Aufnahmevektoren von maximal 500 m, im Mittel von 210 m gemessen wurden.

Diese Methode setzt ein sehr homogenes spannungsfreies Netz von Aufnahmefixpunkten voraus.

Die Lage der 1930–32 bestimmten 19 Signale in den Steilhängen des Trogtales liess eine Kontrolle der Fixpunktlage als angezeigt erscheinen. Diese Fixpunktkontrolle wurde vom Kantonsgeometer sofort unterstützt. Zur Reduktion des Messaufwandes im steilen Gelände wurde eine Netzanlage gewählt, welche ein Triangulationsnetz über alle Punkte mit einem Polygonzug in Talrichtung kombiniert (Abb. 5).

Mit diesem Netz ist keine Fixpunktverdichtung verbunden, da der AGA 700 mit seiner Reichweite sich direkt an die Punkte anschliessen kann.

Anderseits war uns das Instrument zu neu und unvertraut, um unbesehen der Fixpunktkontrolle zu dienen, so dass wir das Kontrollnetz mit dem DKM-2A und dem Lasergeodimeter 6 BL massen.

Auch hier erfolgte eine erste Berechnung als freies Netz, gefolgt von mehreren Helmertransformationen.

Die erste verwendet sämtliche Punkte als Stützpunkte, wonach sukzessive alle als unsicher vermuteten Punkte als Stützpunkte ausgeschieden werden. Nach diesem Vorgehen ergab sich das Verschiebungsvektorbild (Abb. 6); die Fehlerellipsen des freien Netzes bilden den Beurteilungsmassstab für die Signifikanz der «Koordinatenänderung».

Unser Beurteilungsvorschlag lautete: die 11 Punkte (32, 32a, 34, 37, 39, 42, 44, 54, 55, 65, 33.2) sind signifikant geändert. Ihre Lagekoordinaten sind neu zu bestimmen; von allen übrigen Punkten sind die offiziellen Koordinaten unverändert beizubehalten. Für die Neubestimmung sollen die zur Kontrolle gemessenen Daten verwendet werden. Die Aufsichtsbehörden stimmten diesem Vorgehen zu. Somit wurde das ganze Netz als gezwängtes Netz für die 11 Signale als Neupunkte erneut mit dem Kombinetz-Programm ausgeglichen. Dies ergibt folgende Resultate (Abb. 7):

- Die Fehlerellipsen haben Halbachsen von 0,5 bis 1,9 cm; die Koordinatenverbesserungen erreichen im Mittel 3,8 cm, im Maximum 8,7 cm in X; 9,4 cm in Y.
- Diese neuen Werte wurden der Parzellarvermessung zugrunde gelegt.
- Die Bodenplatte des Δ 55 (das einzige mit einer solchen versicherte Signal) wurde überprüft und neu zentriert. Sie lag 3,3 cm ausserhalb des Steinzentrums, also weder unter der alten Pt. Lage, noch am neuen Koordinatenstandort.

Schlussbetrachtungen

Keines der Beispiele entspricht voll dem stipulierten Kontrollprinzip, am ehesten noch das Beispiel Embrach. Im Falle Realp liegt die selbständige Anlage des Kontrollnetzes vor allem darin begründet, dass die klimatisch auf 5 Monate beschränkte Feldperiode eine Parallel-Arbeitsorganisation nötig machte. Generell ergibt sich für den Unternehmer die Schwierigkeit, dass er mit seinen Koordinatenberechnungen der PV erst beginnen kann, wenn die Aufsichtsbehörde im Gefolge der Kontrolle entschieden und allfällige Neubestimmungen ausgeführt hat. Damit der Arbeitsablauf der PV nicht gestört wird, sind daher Fixpunktkontrollen frühzeitig einzuplanen und mit dem Kantonalen Vermessungsamt abzusprechen.

Man kann sich bei allen Operaten die Frage stellen, ob sich der geleistete Aufwand gelohnt hat. Wer als Ingenieur-Geometer, als Vermessungsfachmann sich bewusst

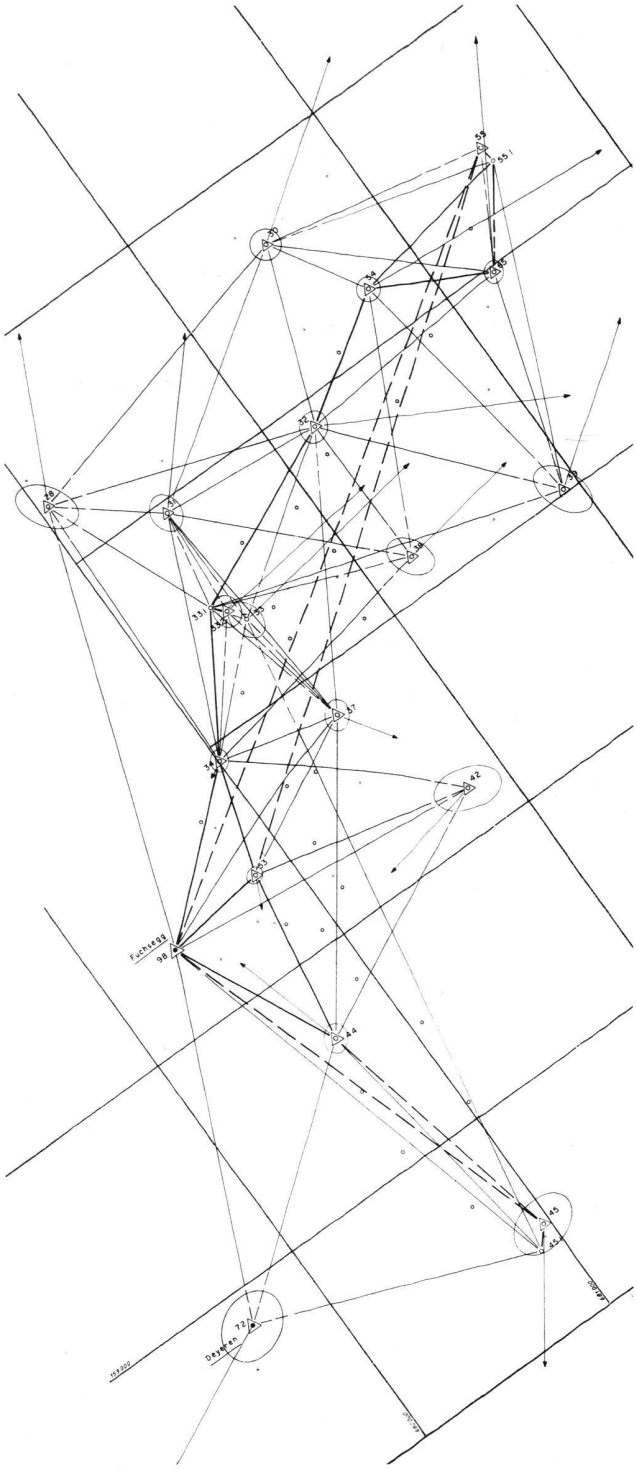


Abb. 5
- Fehlerellipsen des freien Netzes gestützt auf Punkte 98 und 55
- Differenzvektoren zu alten amtlichen Werten

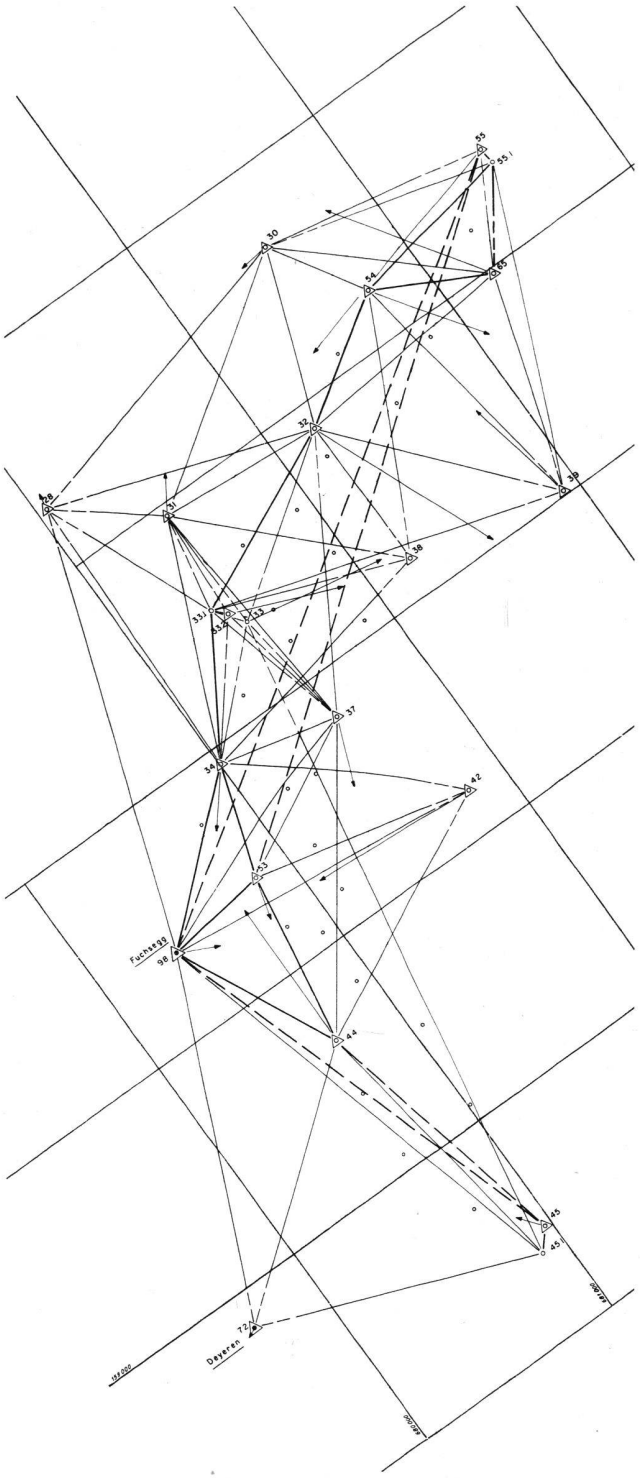
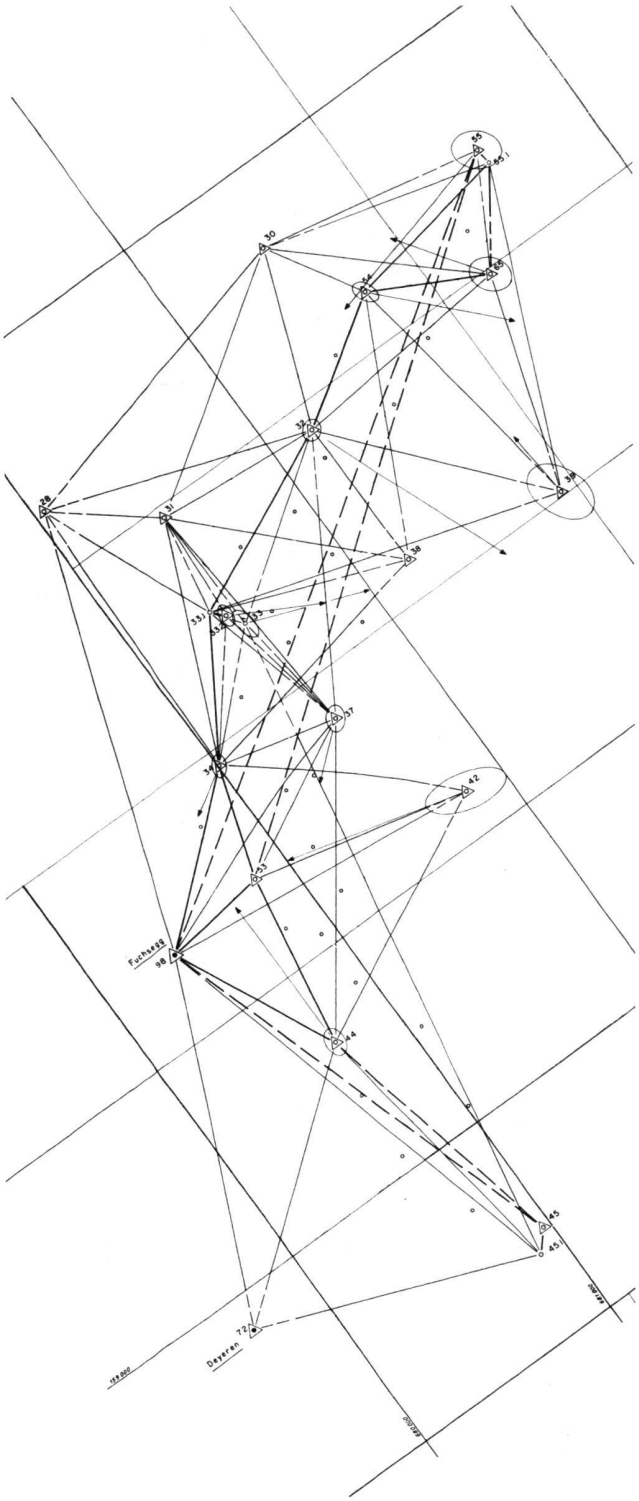


Abb. 6
Restfehlervektoren der Helmerttransformation des freien Netzes auf die Punkte 72, 45, 98, 53, 28, 30, 31, 38, 39



macht, welchen Wert alle Folgearbeiten haben, die auf den Fixpunktkoordinaten beruhen, ist wohl rasch bereit, diese Frage grundsätzlich positiv zu beantworten.
Alle Bemühungen hier und heute, für diese Aufgabe elegantere, rationellere Vorgehen zu wählen, sind zweifellos für die Zukunft nötig und nützlich. Es ist zu hoffen, dass diese Erfahrungen einige Anstösse und Hinweise dazu vermittelt haben.

Adresse des Verfassers:
P. Gfeller, dipl. Ing., Swissair Photo + Vermessungen AG,
Obstgartenstrasse 7, 8035 Zürich

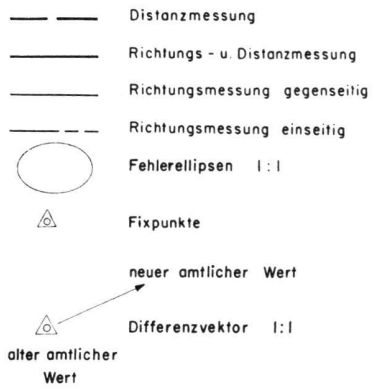


Abb. 7 Neubestimmung amtlicher Koordinaten als gezwängtes Netz mit Fehlerellipsen und Differenzvektoren der Neupunkte zu alten Werten