

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:	75 (1977)
Heft:	6
Artikel:	Test Photogrammetrische Fixpunktverdichtung Zürich-Höngg
Autor:	Leuenberger, C.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-228766

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: 26.01.2026

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

straff organisierten und konzentriert durchgeführten Aktion gelingen, nachdem alle Vorbereitungen detailliert genug getroffen sind.

Die Kurvenbilder der y- und x-Differenzen sind eine wertvolle Notation geleisteter Vorbereitungsarbeiten. Sie zeigen Gebiete, nicht nur Einzelpunkte, mit Spannungen auf und dienen so als Entscheidungsgrundlage für lokale Neumessungen. Die Kurvenbilder können als dynamisches Zwischenstück betrachtet werden z. B. zwischen der noch massgebenden (weil rechtskräftigen) alten Grundbuchvermessung und dem zukünftigen erneuerten Operat. An diesem Zwischenstück kann gefeilt werden, bis ein solcher Stand der Vorbereitung erreicht ist, wo der Übergang zu neuen Grenzpunktkoordinaten und Parzellenflächen auf dem EDV-Weg in einem Schub vollzogen werden darf. Als technische Information, die

bei Problemen der Nachführung nützlich ist, steht die Differenzentopographie aber auch ohne eine zum Ziel gesetzte Umlagerung zur Verfügung. Sie ist dann eine Alternative zu zeit-datierten Punktkoordinaten.

Literatur

- (1) K. Kraus: Die Interpolation nach kleinsten Quadraten. Heft Nr. 76 der Deutschen Geodätischen Kommission, München 1974.
- (2) G. Zumofen, M. Leoni: Neue Programmsysteme zur Berechnung und Darstellung von Isolinien mit Hilfe von Kleincomputern, in: «Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik» 6-77.

Adresse des Verfassers:

F. Klingenberg, Vermessungsamt der Stadt Zürich,
Werdmühleplatz 3, 8023 Zürich

Test Photogrammetrische Fixpunktverdichtung Zürich-Höngg

Chr. Leuenberger

Résumé

A l'occasion d'un test concernant la détermination photogrammétrique de points supplémentaires dans la ville de Zurich, on a utilisé une nouvelle chambre à réseau et une méthode simple de signalisation a été développée.

Les résultats de la triangulation aérienne sont comparés avec des mensurations terrestres.

Einleitung

Im zweiten Halbjahr 1974 nahm das Vermessungsamt der Stadt Zürich die Gelegenheit wahr, zur Lösung der in (1) besprochenen Aufgaben einer Fixpunktverdichtung in schon vermessenem Gebiet die photogrammetrische Methode anzuwenden, da durch die Vermittlung von Prof. H. Schmid von der ETH Zürich für die Messaufnahmen ein vor kurzem an die amerikanische NOAA ausgeliefertes Reseau-Objektiv Wild Spezial Aviogon II R f = 15 cm eingesetzt werden konnte.

Zielsetzung und Organisation

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich, Herrn Dr. Schenk, der Swissair Photo und Vermessungen AG, und der Firma Wild Heerbrugg, realisierte das Vermessungsamt der Stadt Zürich den Test Photogrammetrische Fixpunktverdichtung Höngg, der Auskunft geben sollte, ob und mit welchem technischen, organisatorischen und finanziellen Aufwand ein Festpunktfeld der Stufe Polygonar mit einem mittleren Punktfehler von ± 1 cm bis ± 1.5 cm in städtischem Gebiet bestimmt werden kann. Es galt dabei, die Leistungsfähigkeit aktueller Auf-

nahme-, Mess- und Berechnungsmethoden in einer Produktionslinie der Katasterphotogrammetrie zu überprüfen.

Gebietsauswahl

Die Auswahl des Testgebietes erfolgte hauptsächlich nach drei Kriterien:

- Vom photogrammetrischen Standpunkt aus sollte einerseits eine für das ganze Stadtgebiet repräsentative, auf der Triangulation beruhende Passpunktverteilung vorliegen, andererseits hatten alle im vorgesehenen Anwendungsgebiet vorkommenden allfälligen Erschwernisse, wie Bebauung, Bewuchs, Verkehr, Höhendifferenzen aufzutreten.
- Im Hinblick auf die vorgesehene Umarbeitung der Grundbuchvermessung in ein einheitliches Projektionssystem war es wünschenswert, in einem grösseren, zusammenhängenden Grenzgebiet der bisherigen Koordinatensysteme Auskünfte über den Zustand des Polygonars zu erhalten.
- Hinsichtlich der Kosten wurde eine möglichst kleine Gebietsgrösse angestrebt, die Methode der Aerotriangulation erfordert jedoch entsprechend dem Passpunktangebot eine nicht zu unterschreitende Dimension des Blockes.

Als Testgebiet wurde schliesslich ein Gebiet in Tal- und Hanglage von etwa $2.3 \times 1.2 \text{ km}^2$ Ausdehnung an der Quartiergrenze Wipkingen-Höngg ausgewählt, das von 6 Triangulationspunkten begrenzt wird.

Anlage des Photogrammetrischen Blockes

Im Flugplan war den einander zum Teil entgegenstehenden Anforderungen einer hohen Messgenauigkeit (grosser Bildmassstab), einer günstigen Fehlerfortpflanzung (wenige Modelle zum Überbrücken des stützpunktfreien Raumes) und der geometrischen Stabilität (grosser Überdeckung) möglichst gut Rechnung zu tragen.

Schliesslich wurde der Bildmassstab mit 1:3000, entsprechend einer Flughöhe von 450 m festgelegt und sowohl Längs- wie Querüberdeckung der Bilder mit 66 % vorgeschrieben, so dass das Testgebiet mit einem Block von 9×13 Bildern erfasst werden konnte.

Jeder Punkt sollte damit theoretisch in 9 Aufnahmen abgebildet werden. Zusätzlich wurden pro Bild mindestens 25 signalisierte Verknüpfungspunkte gefordert, um eine genügende Blocksteifigkeit zu gewährleisten.

Signalisierung

Festlegen der Signalstellen. Aus der Forderung von 25 Verknüpfungspunkten pro Bild ergab sich ein Punktabstand von ca. 130 m, so dass etwa jeder zweite Polygonpunkt eines Zuges signalisiert werden musste. Diese Punktdichte erschien auch im Hinblick auf den Signalisierungsaufwand und die terrestrischen Vergleichsmessungen als sinnvoll.

Zentrische Signalisierung kam nicht in Frage, liegen doch die meisten Polygonpunkte unter Gusschächten mit drehbaren Deckeln. Deshalb wurden in der Nähe der Polygonpunkte, an möglichst dauernd aus der Luft sichtbaren Lagen 2 bis 4 exzentrische Signalstellen gewählt und für die spätere terrestrische Einmessung gut versichert. Sofern die Lage eines Polygonpunktes es zuließ, wurde er mit Hilfe einer Schablone symmetrisch zum Zentrum signalisiert, so dass die Zentrumskoordinaten ohne weiteres durch Mittelbildung erhalten werden konnten.

Markierungsmethode. Das eingesetzte Reseau-Objektiv ist auf die sehr stark reflektierende Leuchtfarbe Blaze Orange der Day Glo Color Corporation in Cleveland, Ohio, abgestimmt. Auf Grund von Probeaufnahmen wurde der Durchmesser der zu verwendenden kreisförmigen Signale auf 7 cm festgelegt, entsprechend 23μ im Bild.

Streich- und Spritzversuche ergaben sofort, dass die Farbe nicht direkt auf den Boden aufgebracht werden konnte, da die Trocknungszeiten der weissen Grundierung und der Signalfarbe zu lang waren, unscharfe Ränder entstanden und schon nach einem Tag starke Beschädigungen durch Fußgänger- oder Fahrzeugbeanspruchung auftraten.

Es war deshalb ein Farbträger zu suchen, der als fertiges Signal auf dem Strassenbelag, auf Randsteinen oder in offenem Gelände auf Pfählen einfach, dauerhaft, genau und schnell angebracht werden konnte.

Die Lösung wurde in Form der selbstklebenden Kunststoffolie Fascal Permanent S 300 gefunden, die bereits mit oranger Leuchtfarbe beschichtet ist und fertig konfektioniert als Scheiben von 7 cm Durchmesser mit Zentrumsmarkierung bei der Firma Reklame Centrale in Zürich bezogen werden konnte.

Auf einen Grossteil der leicht aufgerauhten Folien wurde die verlangte Signalfarbe, die um eine Nuance von der Eigenfarbe des Trägers abweicht, aufgespritzt. Sie blieb ausserordentlich gut haften.

Klebeversuche mit zusätzlicher Verwendung von Brigatex-Kleber auf stark begangenen Trottoirs, Randsteinen und in viel befahrenen Strassen zeigten, dass die Marken

selbst unter starker Beanspruchung wochenlang haften blieben, im Fall von Beschädigungen mühelos überklebt werden konnten und Schmutz mit einem feuchten Lappen leicht zu entfernen war. Schwierig abzuschätzen war einzig, wie sich die Kinder gegenüber den vielen, schön leuchtenden Punkten verhalten würden ...

Ausführung der Signalisierung, Kontrolle vor dem Flug. Die Signalisierungsequipen waren nur mit Signalmarken, Kleber, Bürste, Propangasbrenner (zum Trocknen des Belags) und Planmaterial ausgerüstet, so dass sie nicht unbedingt ein Fahrzeug benötigten.

Obwohl das Auffinden der versicherten Signalstellen teilweise Mühe bereitete – hier hätten anlässlich der Rekognosierung definitiv aufgemalte Hinweisstreifen viel geholfen – konnten durch 9 Zweierequipen innerhalb von 2 Tagen alle der knapp 1000 Signale aufgeklebt werden.

Hinweisstreifen schienen auf Grund von Probeaufnahmen nicht unbedingt notwendig, wurden aber doch in vielen Fällen mit weisser Spray-Farbe als etwa 50 cm lange Striche markiert. Sie bewährten sich gut.

Anlässlich der Kontrolle vor dem Flug durch Einmannequipen, etwa 2 Wochen nach der Signalisierung, waren ca. 10 % der Signale verschwunden oder beschädigt und wurden sofort ersetzt.

Messflug

Der Messflug war auf Ende Oktober vorgesehen, um die Bilder mit möglichst wenig Sichtbehinderung durch Vegetation noch bei guten Lichtverhältnissen aufnehmen zu können. Leider stand dann aber das Reseau-Objektiv erst ab Mitte November für kurze Zeit zur Verfügung. Trotz keineswegs guten Verhältnissen musste aus verschiedenen Gründen die nächste Wetteraufhellung am 4. Dezember für den Bildflug ausgenutzt werden.

Identifikation

Nach der ersten Durchsicht des Bildmaterials entschloss man sich, nur den am Anfang des Fluges aufgenommenen westlichen Teilblock mit vier Passpunkten auszuwerten, da die schlechten Lichtverhältnisse eine erfolgreiche Bearbeitung der zweiten Filmhälfte nicht mehr erlaubten.

Die Identifikation wurde auf den Originalnegativen mit einer Binokularlupe über einem Leuchttisch durchgeführt. Einseitig wurden dabei auf den Kontaktkopien die Punktgruppennummern eingetragen, andererseits photographierte man mit einer Kleinbildkamera mit aufgesetztem Balg jede Punktgruppe einzeln vom Originalfilm und stellte ca. $9 \times 12 \text{ cm}^2$ grosse Papierkopien mit ungefähr Massstab 1:250 her, auf denen die abgebildeten Signale bezeichnet und numeriert wurden. Diese Hilfsmittel haben sich sehr bewährt, erleichterten die Arbeit der Operateure wesentlich und schalteten Fehlinterpretationen zum grössten Teil aus.

Während der Auswertungen zeigte sich, dass zufolge der knappen Belichtung nicht alle signalisierten Punkte abgebildet wurden, so dass im ganzen Block zusätzlich noch gut definierte Situationspunkte, wie z. B. Strassenmarkierungen als Verknüpfungspunkte zu identifizieren und numerieren waren.

Auswertung

Bildmessung

Von einigen Aufnahmen stellte man versuchsweise Diaspositive her, die für die Auswertung mit schwarzer Messmarke günstiger wären, da sie die Signale weiss abbilden. Der beim Umkopieren auftretende Informationsverlust war jedoch nicht mehr in Kauf zu nehmen, so dass die Originalnegative am Wild-Stereokomparator STK - 1 der ETH Zürich einzelnbildweise mit binokularer Betrachtung nach folgendem Messprogramm ausgewertet wurden:

1. 2-cm-Reseau
2. Signalisierte Punkte 1. Durchgang
3. Signalisierte Punkte 2. Durchgang
4. 4-cm-Reseau

Unmittelbar nach der Messung jedes Bildes transformierte man die Komparatorkoordinaten in Bildkoordinaten, um die Messgenauigkeit, die Lagestabilität des Bildes während der Messung und die Identifikation zu überprüfen.

Bei den Gitterpunkten wurde eine Messgenauigkeit $m_x = m_y = \pm 1.8 \mu$ erreicht, der mittlere Fehler aus Doppelmessungen der signalisierten Punkte betrug im Mittel in beiden Achsrichtungen $\pm 3.3 \mu$.

Bildkoordinatenaufbereitung

Als Kernstück des vorliegenden Projektes waren die im Bild am Komparator gemessenen Punktlagen mittels physikalisch begründeten Korrekturen möglichst gut in ihre zentralperspektiven Solllagen überzuführen, also die richtigen Voraussetzungen für eine korrekte Blockausgleichung zu schaffen.

Die dazu getroffenen technischen Vorkehren waren die Abstimmung von Objektiv und Signalfarbe und die Abbildung der in den Objektivstutzen integrierten Gitterplatte auf den Film. Kameraparameter und Reseau-Sollkoordinaten wurden von der Lieferfirma übernommen.

Über die bei der Bildkoordinatenbereinigung gemachten Erfahrungen wird in (2) berichtet. Es seien deshalb hier lediglich die durchschnittlichen Kennwerte der Transformationen und Interpolationen der 58 Bilder des Zürcher Blocks aufgeführt:

Mittlerer Restfehler der Gitterpunkte nach der Transformation auf die Reseau-Sollkoordinaten

$$m_{x,y} = \pm 6 \mu$$

Interpolation der Restfehler nach kleinsten Quadraten (3):

$$0.49$$

Durchschnittliche Scheitelwerte s der Kovarianzfunktion

(Entsprechend dem auf 1 normierten systematischen Anteil der Restfehler)

Mittlerer Restfehler der Gitterpunkte nach der Interpolation

$$m_{x,y} = \pm 2.8 \mu$$

Blockausgleichung

Die Berechnungen der Aerotriangulation nach der Bündelmethode wurden am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich ausgeführt (4). Für die de-

finitive Bearbeitung lag schliesslich ein Block von 58 Bildern in 7 Linien vor. Zur Abstützung wurden 4 trigonometrische Punkte als Lage- und Höhenpasspunkte und zusätzlich 4 Höhenpasspunkte am Rand und ein Höhenpasspunkt in der Blockmitte verwendet.

Nach der Ausgleichung stand dem mittleren Messfehler der signalisierten Punkte $m_x = m_y = \pm 3.3 \mu$ der auffallend hohe Wert des mittleren Gewichtseinheitsfehlers $\sigma_0 = \pm 6.1 \mu$ entgegen.

Die Ursache dieses Zwanges liegt bei dem nur auf wenige, genaue Passpunkte gestützten Block in den ungünstigen Lichtverhältnissen beim Bildflug: Anstatt in 9 Bildern, erschienen die meisten Signale nur in 3 bis 5 Aufnahmen, und die zusätzlich eingeführten, nicht speziell signalisierten Punkte erhielten ihrer schlechten Bilddefinition wegen grosse Verbesserungen und trugen damit wesentlich zur Erhöhung von σ_0 bei.

Die Abschätzung des mittleren Lagefehlers der Bodenpunkte unter Berücksichtigung der Block- und Passpunktanordnung nach (5) ergibt etwa $\pm 2.8 \text{ cm}$.

Terrestrische Referenzmessungen

Als Basis für die terrestrische Einmessung der photogrammetrisch bestimmten Punkte diente ein mit Hilfe eines zusätzlich eingeschalteten Punktes V. Ordnung angelegtes Polygontennet. Die Züge lagen meist hangparallel, die gemessenen Querverbindungen gewährleisteten jedoch die Homogenität der Struktur. Mit 15 je etwa 7seitigen Hauptzügen erreichte man einen durchschnittlichen linearen Abschlussfehler von 20 mm.

Hierauf wurden die einzelnen signalisierten Punkte polar doppelt aufgenommen, wobei ein aus Differenzen gerechneter mittlerer Punktfehler $m_p = \pm 6 \text{ mm}$ erreicht wurde.

Vergleich der photogrammetrischen mit den terrestrischen Koordinaten

In der Abbildung 1 sind die Differenzvektoren f_s terrestrische minus photogrammetrische Koordinaten dargestellt.

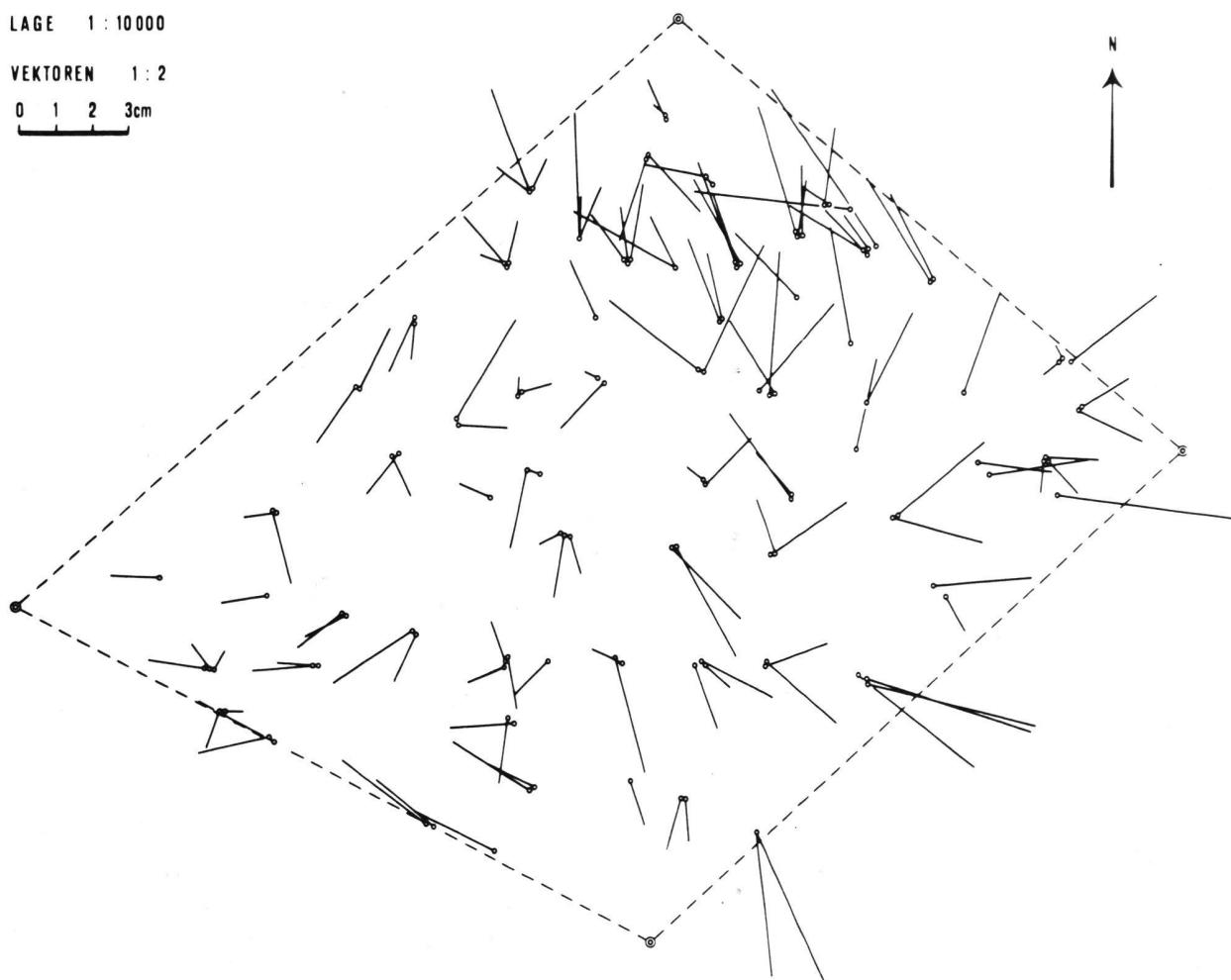
Unter der Annahme, dass die terrestrischen Koordinaten fehlerlos sind, kann für die photogrammetrischen Punkte mit $\sqrt{[f_s \cdot f_s]/n}$ ein oberster Grenzwert für den mittleren Punktfehler m_p berechnet werden.

Für die 110 Vergleichspunkte innerhalb des Passpunktvierecks erhält man $m_p = \pm 2.2 \text{ cm}$. Der grösste Differenzvektor beträgt 5 cm, Ausreisser sind nicht aufgetreten.

Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die Differenzvektoren immer noch eine gewisse Systematik enthalten, die Nachbargenauigkeit der photogrammetrischen Koordinaten also noch höher ist.

Dieser optische Eindruck kann noch mit Zahlwerten bestätigt werden:

Verglichen mit der photogrammetrischen Genauigkeit darf das terrestrische Mass von 1 m zwischen den symmetrischen Signalmarken von verschiedenen Polygonpunkten als fehlerlos gelten. Bei 55 Punktpaaren wurden die Differenzen $d = \text{Solldistanz} - \text{photogrammetrisch bestimme Distanz}$ bestimmt und mit $\sqrt{[dd]/2n}$



Differenzen terrestrische minus photogrammetrische Koordinaten, Lage 1:10000, Vektoren 1:2

ein mittlerer Punktfehler $m_p = \pm 9.2$ mm berechnet, der die Nachbargenauigkeit in der Blocktriangulation charakterisiert.

Schlussfolgerungen

Im hier beschriebenen Projekt wurde mit einem schwach gestützten, 1 km² grossen Block aus 58 Aufnahmen schlechter Bildqualität ein mittlerer Punktfehler von weniger als ± 2.2 cm erreicht.

Man kann erwarten, dass unter normalen Aufnahmeverhältnissen die angestrebte Genauigkeit von ± 1 cm bis 1.5 cm mit der angewendeten Methode erzielt wird.

Darf man hinsichtlich der Genauigkeit von schlechtem Bildmaterial auf den Normalfall schliessen, so ist der Arbeitsaufwand für eine kommerzielle Anwendung auf Grund dieses Tests schwieriger abzuschätzen.

Das aufwendige Messen des Reseaus könnte durch Reduktion der Doppelmessungen etwas verkürzt werden; die diesbezüglichen Voraussetzungen dürften sich jedoch in Zukunft durch den Einsatz von automatischen Komparatoren wesentlich verbessern.

Auch in der vorliegenden Anwendung der Photogrammetrie müssen die notwendigen terrestrischen Einmessungen in Rechnung gestellt werden.

In organisatorischer Hinsicht kann festgestellt werden, dass durch die Verwendung der äusserst dauerhaften Klebemarken die exakte Signalisierung Wochen vor dem Flug ausgeführt werden kann und ihre Revision dank

der einfachen Handhabung schnell und sicher möglich ist.

Nach dem Abschluss der noch laufenden Untersuchungen über die Reseau-Kalibrierung steht dem routinemässigen Einsatz dieser Methode, wie er in den USA für grossräumige Netzverdichtungen vorgesehen ist, auch bei grossen Bildmassstäben nichts mehr im Wege.

Literatur

- (1) F. Klingenberg: Zur Fixpunktverdichtung in schon vermessinem Gebiet, in: «Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik» 6-77.
- (2) S. Heggli: Erfahrungen beim Einsatz einer Reseaukammer in der photogrammetrischen Fixpunktverdichtung, in: «Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik» 6-77.
- (3) K. Kraus: Film Deformation Correction with Least Squares Interpolation, Photogrammetric Engineering, May 1972.
- (4) A. Schenk: Fortran-Programme zur photogrammetrischen Blocktriangulation nach der Bündelmethode, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ 1972.
- (5) E. Kipälä: Passpunktanordnung bei der Bündelausgleichung der analytischen Photogrammetrie, The Photogrammetric Journal of Finland, Vol. 5, Nr. 1, 1971.

Adresse des Verfassers:

Chr. Leuenberger, Vermessungsamt der Stadt Zürich,
Werdmühleplatz 3, 8023 Zürich