

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: Zur Fixpunktverdichtung in schon vermessenem Gebiet

Autor: Klingenberg, F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-228765>

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: 18.02.2026

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

Zur Fixpunktverdichtung in schon vermessenem Gebiet

F. Klingenberg

Résumé

Au normal la définition des points de base précède la mensuration des détails. Quand l'ordre est renversé en cas de mises à jour de la triangulation, on a des problèmes d'adaptation autour des points nouveaux. Les méthodes d'interpolation (collocation) aident à représenter les différences des coordonnées non seulement au point de base, mais surtout dans sa région. Cette représentation est un intermédiaire utile entre la mensuration existante et la nouvelle mensuration transformée.

Problemstellung

Es ist im Vermessungswesen beinahe zur Selbstverständlichkeit geworden, und als Methode hat es sich bei der erstmaligen Überdeckung des Landes mit einem dichten Festpunktnetz, von der Triangulation bis zur Parzellarvermessung, bewährt: das Prinzip, vom Grossen ins Kleine zu arbeiten. Betrachtet man die Abstufungen der Netz-Verdichtungsetappen (Tabelle 1), so ist die Logik des Prinzips in der praktischen Durchführung auch zwingend. Wer wollte warten, bis alle Details gemessen sind, um endlich das Ganze zur gültigen Form auszugleichen?

Solange die Aufmerksamkeit vor allem Erstvermessungen galt, hatte die organisatorische Seite des Prinzips mehr Gewicht als eine andere Seite, die wir mit Einwegcharakteristik bezeichnen möchten. Dem als gültig deklarierten Leitpunkt mit seiner Absolutlage fügte sich das Feld der Folgepunkte mit ihrer wichtigen Relativlage. Die übergeordnete Punktklasse wurde zur Konstanten erhoben. Auf diese Weise entstand das klaffenfreie feine Netzwerk der neuen Parzellarvermessungen. Wo nun aber im Zug der langfristigen Wartung der Vermessungswerke vernichtete Leitpunkte wiederhergestellt werden müssen, geschieht dies meistens nicht durch örtliche Rekonstruktionen unter Erhaltung der Nachbargenauigkeit, sondern aus dem Netz der übergeordneten und gleichgeordneten Punktkategorien heraus. Der neue Leitpunkt ist, als nachträglich gesetzte Voraussetzung, im allgemeinen ein Fremdkörper in seiner Umgebung. «Es stimmt nicht mehr.» Welche Investitionen durch diese unvermeidliche Prinzipverletzung tangiert werden, verdeutlicht ebenfalls Tabelle 1.

Mit solchen Störungen des ursprünglich harmonischen Gesamtsystems hat man in der Nachführung fertig zu werden. Es wäre schlecht gewirtschaftet, wollte man die getätigten Investitionen der Detailvermessung einfach abschreiben und neu vermessen. Die kritische Frage ist, wie gross der Einflussbereich einer solchen Störung ist, wie weit man mit Korrekturen zur Anpassung der Detailpunkte an den veränderten Leitpunkt gehen muss. Ohne Korrekturen würde das ursprüngliche einheitliche System in zwei widersprüchliche Systeme zerfallen, in eines mit Elementen, die den Anforderungen der Absolutlage genügen, und in ein zweites mit Elementen, welche die Toleranzen der Nachbargenauigkeit erfüllen. Im vereinzelt auftretenden Mutationsfall kennt der Nachführungsgeometer sein Vermessungsoperat so gut, dass er weiß, wo mit grösseren Zwängen zu rechnen ist, und er handhabt die Toleranzen der Selbstkontrolle entsprechend flexibel.

Eine andere Dimension erhält das Problem aber dann, wenn ganze Vermessungslose mit verschiedenen Projektionsgrundlagen auf eine einheitliche gemeinsame Projektionsgrundlage übertragen werden sollen, wie es bei der Stadtvermessung von Zürich der Fall ist. Im Hinblick auf die Tragweite der Umlagerung von drei Parzellarvermessungsgebieten auf die neugeschaffene Triangulation III. und IV. Ordnung wurden die verschiedenen Aspekte des Problems anhand von Tests untersucht. Einige Gedanken zur Lösung der Aufgabe und konkrete Ergebnisse seien im folgenden mitgeteilt.

Bisherige Erfahrungen

Sowohl der Übergang aus der Altstadttriangulation von 1858 auf die städtische Triangulation von 1893 als auch jener von der städtischen auf die eidgenössische Triangulation in den dreissiger Jahren war eine Helmerttransformation. In beiden Fällen verblieben einzelne Restfehler in den Passpunkten von mehr als einem Dezimeter. Für Übersichtsplanzwecke und Rahmenplaneinteilungen mochten die errechneten Transformationskonstanten ausreichen, aber den Ansprüchen von Grundbuchvermessung und Bauabsteckung genügten sie nicht. Wo an Gebietsgrenzen z. B. eine Achse vom einen Projektionssystem ins andere System hinüber zu verlängern war, verwendete man tatsächlich an Stelle der Transformationsformeln die dem Objekt nächstliegenden zwei Triangulationspunkte mit den gemessenen Originalkoordinaten in beiden Systemen und rechnete daraus Rücktransformationen. Auf diese Weise konnte durch eindimensionale lineare Interpolation eine bescheidene lokale Anpassung erzielt werden. Das Vorgehen war so

Punktkategorien	I. Ordnung	II. Ordnung	III. Ordnung	IV. Ordnung	V. Ordnung	PP	GP	Sit.
ca. Dichte/km ²	$1 \cdot 10^{-3}$	$\frac{1}{2} \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^0$	$2 \cdot 10^1$	$2 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$
ca. mittlerer Punktabstand	30 km	15 km	3 km	750 m	250 m	70 m	15 m	5 m
Kosten/km ²	20.—	100.—	500.—	6000.—	30 000.—	120 000.—	bis 1 Mio.	bis 2,5 Mio.

Tabelle 1 Stufen der Netzverdichtung in städtischen Verhältnissen

gut wie willkürlich, schon durch die Wahl der Passpunkte.

Eine Vereinheitlichung der verschiedenen Koordinatensysteme auf Stadtgebiet nur mit Hilfe ebener Transformationen muss auf Grund der Erfahrungen als unergiebige Lösung bezeichnet werden.

Es ist interessant, einmal anschaulich den heutigen Zustand einer nachgeführten 60jährigen Grundbuchvermessung darzustellen. Ein Resultat unserer Untersuchung sei deshalb vorweggenommen.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen einen Ausschnitt der Stadtvermessung im Gebiet der Quartiergrenze Höngg/Wipkingen. Die Kurven gleicher Differenzen zwischen eidgenössischen Koordinaten von 1920 und neuen Landeskoordinaten sagen besser als die Differenzvektoren aus über:

1. die Qualität der ehemaligen Neuvermessung,
2. Anpassungen an Losgrenzen,
3. normale und aussergewöhnliche Einflüsse der Nachführung,
4. Dezentrierung der Punktversicherungen.

Der letztgenannte Faktor der Versicherungen im Feld ist gegenüber den übrigen drei gesondert zu behandeln. Versicherungskontrollen und Rekonstruktionen sind allein im «alten» System und unter weitgehender Verwendung der Nachbarbeziehungen in einer selbständigen Phase zu erledigen. Wenn es sich um eine rechtskräftig erklärte Vermessung mit Rekonstruktionspflicht handelt, kann diese Arbeitsphase beträchtlichen Umfang annehmen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine Vereinheitlichung verschiedener Koordinatensysteme nur auf dem Wege ebener Transformationen belastet ist mit den alten Inhomogenitäten der einzelnen Vermessungen, vermehrt um die Klaffen in den Passpunkten.

Lösungsmöglichkeiten

Ist eine Katastererneuerung durchzuführen, weil die trigonometrischen Vermessungsgrundlagen einer gebietsweisen Nachführung unterzogen werden mussten, eröffnen sich etwa folgende Wahlmöglichkeiten:

– Erweiterung der kundenseitig garantierten Toleranzen für das Vermessungsoperat. (Die Toleranzen der vermessungstechnischen Selbstkontrolle können gleichwohl enger gefasst werden.)

– Neuvermessung

Zum üblichen Aufwand kommt bei vorhandener rechtskräftiger Parzellarvermessung die Rekonstruktionspflicht. Eine rechtliche Erleichterung wie bei Baulandumlegungen und Güterzusammenlegungen innerhalb eines definierten Perimeters ist vorläufig noch ausstehend.

– Vereinfachte Vermessung

Neuberechnung des Polygonars, bezogen auf die neuen Triangulationspunkte, und der Detailpunkte auf Grund der alten Messungen und von Nachmessungen. Erfahrungsgemäss hat sich im Laufe der meist langen Nachführungsperiode die Struktur des alten Polygonetzes leider aufgelöst.

– Durch Interpolation ergänzte Transformation

Ebene Transformation und anschliessende Interpolation von Korrekturen aus den verbliebenen Passpunktrestfehlern. Die Korrekturen an den transformierten y- und x-Koordinaten der Detailpunkte sind komplizierte Ortsfunktionen (Abbildung 1).

Unter der Voraussetzung, dass die alten Stationsaufnahmen (meist orthogonal, in der Nachführung zuweilen polar) den Ansprüchen der Nachbargenaugkeit in hohem Mass genügen und ein Koordinatenkataster vor-

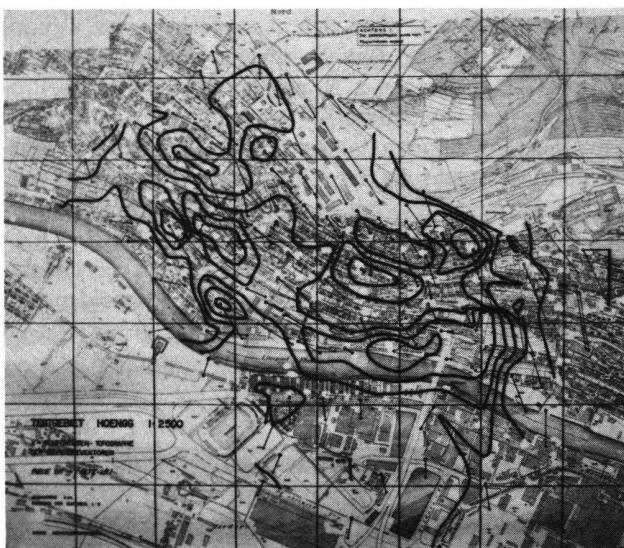


Abb. 1 Interpolationskurven der x-Differenzen, 2 cm Aquidistanz, Varianz für die Filterung ± 7 mm. Gut sichtbar wird rechts die Quartiergrenze Höngg/Wipkingen (etwa senkrecht zur Limmat). Spannungen werden deutlich hervorgehoben durch engere Kurvenscharung.

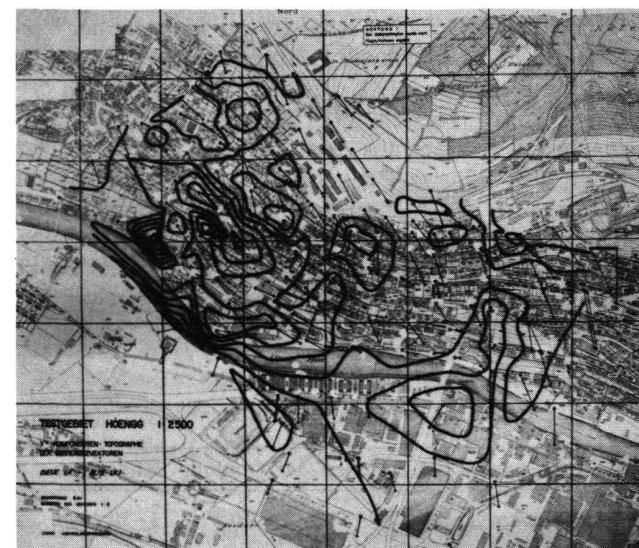


Abb. 2 Interpolationskurven der y-Differenzen, 2 cm Aquidistanz, Varianz für die Filterung ± 7 mm. Die ehemalige Polygonierung in den hangparallelen Strassen besass kaum Querverbindungen. Dies zeigt sich nun im Kurvenbild (Kurveninterpolation: Coradi AG, Zürich).

liegt, scheint die letztgenannte Möglichkeit gegenüber Neuvermessung und Umkartierung vorteilhaft zu sein.

Umreisst man die Beizugsgebiete der einzelnen Aufnahmestationen, entsteht ein Bild schuppenartig aneinandergefügter Flächenelemente. Findet man für jedes Flächenelement einen Referenzpunkt mit alten *und* neuen aus Messungen resultierenden Koordinaten – mit Vorteil einen Polygonpunkt –, sind die Restklaffen nach einer Helmerttransformation durch eine geeignete Interpolation zu schliessen, ohne die Nachbargenaugigkeit in schädlicher Weise zu strapazieren. Es können z. B. die y- und x-Komponenten der Restfehlervektoren in den Referenzpunkten als Stützpunkte je einer «Korrekturtopographie» für y und x betrachtet werden. Bleiben dann die restlichen Differenzen zwischen streng berechneten Detailpunkten und aus Transformation plus Interpolation erhaltenen Koordinaten innerhalb einer gesetzten Toleranz, darf die vollständige Neuberechnung der Detailpunkte aus Aufnahmeelementen (Umkartierung) ersetzt werden durch ein wesentlich einfacheres und wirtschaftlicheres Verfahren. Solche Korrekturtopographien zeigen die Abbildungen 1 und 2. Zur Anwendung gelangte ein Interpolationsverfahren mit Filterung (1), (2), d. h. die mittleren Fehler der Referenzpunktbestimmung wurden abgespalten und nur die systematischen Anteile der Differenzen berücksichtigt. Dadurch erhalten die Interpolationskurven grösstmögliche Signifikanz. In Tabelle 2 sind die Werte einiger Detailpunkte aufgeführt. Die Differenzen erfüllen die Erwartungen. Zur Neubestimmung der Referenzpunkte, gestützt auf die neue Triangulation IV. Ordnung könnten nun z. B. Polygonzüge gelegt werden. Da sicherzustellen ist, dass sich die Koordinatendifferenzen zwischen alt und neu auf das identische Zentrum im Feld beziehen (man will ja nicht Deformationsmessung betreiben), sind zu Rekonstruktionszwecken bedeutend mehr Punkte anzuschneiden als nur die Polygonpunkte.

Anstatt die Polygonpunkte von ehemals aufgenommenen und ihrem Versicherungszustand nach wahrscheinlich unverrückt gebliebenen Grenz- und Situationspunkten rückwärts zu rekonstruieren, können solche Anhaltspunkte auch einfach neu bestimmt werden. Die statisti-

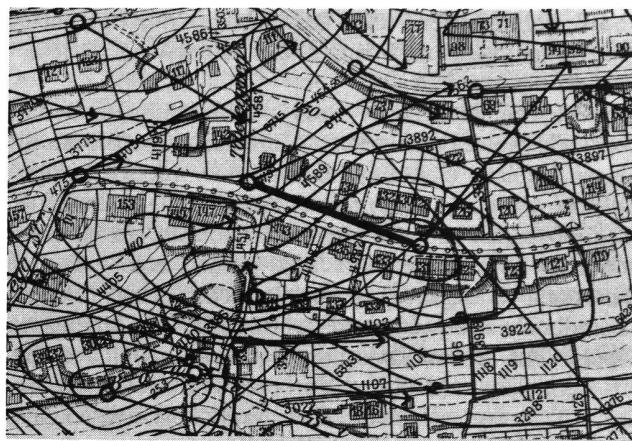


Abb. 3 Polygonseite von Tabelle 2 in der Δx -Topographie (Aquidistanz = 1 cm)

sche Analyse des Interpolationsprogrammes nach kleinsten Quadraten deckt dann ihre Brauchbarkeit als Rückversicherungspunkt auf. Überdies wird die Interpolationsfunktion durch eine solche Punktgruppe wesentlicher besser gestützt als durch nur einen Referenzpunkt.

An dieser Stelle werden nun auch die Vorteile einer photogrammetrischen Aufnahmemethode erkennbar: Die Auswahl luftsichtbarer Grenzpunkte in der Umgebung von Referenzpunkten ist an keine starre Systematik gebunden. Isotrope Fehlercharakteristik und erreichte Genauigkeit von aerotriangulierten Punkten sind adäquat für eine Interpolationstechnik mit Filterung der Varianzen (1), (2). Wie die Abbildungen 1 und 2 zeigen, prägt sich demgegenüber eine Richtungsabhängigkeit der Punktbestimmung mit strassengebundenen Polygonzügen aus. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus schliesslich ist die Photogrammetrie dann attraktiv, wenn eine grosse Zahl von Punkten in einem industriellen Vermessungsprozess verarbeitet werden kann. Die Umlagerung einer bestehenden Stadtvermessung auf neue Triangulationspunkte kann nur im Zug einer grossangelegten

TEST GEBIET HOENG			PP - SEITE 2060 - 2058		Hdr. 20		ACKERSTEINSTRASSE		6.1.77	
Pkt. Nr.	Alte Koordinaten		ermittelt aus Korrektur-topographien		Neue Koordinaten = alte K. + Δ		Neue aus Feldmassen berechnete Koordinaten		Differenzen B - A	
	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x
2060	80482.390	50246.620	+ 10.0	+ 1.5	80482.490	50246.635	80482.492	50246.638	0.2	0.3
2058	80433.870	50335.090	+ 10.0	- 2.6	80433.970	50335.064	80433.976	50335.063	0.6	0.1
A 116	478.650	247.470	+ 9.8	+ 1.5	478.748	247.485	478.753	247.487	0.5	0.2
B 116	468.620	260.470	+ 9.1	+ 1.5	468.711	260.485	468.724	260.479	1.3	0.6
C 116	476.770	266.340	+ 10.0	+ 1.0	476.870	266.350	476.872	266.350	0.2	0.0
D 116	465.420	265.080	+ 9.1	+ 1.3	465.511	265.093	465.524	265.086	1.3	0.7
E 116	469.850	276.530	+ 10.0	+ 0.6	469.950	276.536	469.953	276.534	0.3	0.2
F 116	453.270	284.630	+ 9.1	+ 0.4	453.361	284.634	453.374	284.626	1.3	0.8
G 116	459.500	294.140	+ 10.0	- 0.1	459.600	294.139	459.604	294.135	0.4	0.4
H 116	450.620	289.480	+ 9.2	+ 0.2	450.712	289.482	450.725	289.473	1.3	0.9

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.