

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: Erfahrungen beim Einsatz einer Reseaukammer in der photogrammetrischen Fixpunktverdichtung

Autor: Heggli, S.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-228767>

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: 25.01.2026

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

Erfahrungen beim Einsatz einer Reseaukammer in der photogrammetrischen Fixpunktverdichtung

S. Heggli

Résumé

L'application des méthodes analytiques de compensation par bloc développées pour la triangulation aérienne a conduit à une augmentation sensible de la précision lors de la densification d'un réseau de points fixes par photogrammétrie. La précision de ces méthodes est essentiellement limitée par les erreurs systématiques des clichés. L'utilisation d'une chambre à réseau permet de déterminer les influences du déplacement et de la mise à plat du film durant la prise du vue, ainsi que de l'entreposage et des traitements ultérieurs des clichés. Une transformation affine suivie d'une interpolation selon la méthode des moindres carrés lors du traitement des coordonnées-clichés a permis une amélioration de la précision planimétrique qui atteint 22 % par rapport à un traitement traditionnel sans tenir compte du réseau.

1. Einleitung

Die Leistungsfähigkeit der photogrammetrischen Fixpunktverdichtung nahm in den letzten Jahren durch den Einsatz analytischer Verfahren mit Ausgleichsmöglichkeiten ganzer Blöcke auf Grossrechnern stark zu. Die für die Aerotriangulation entwickelten Methoden konnten dabei ohne weiteres für die Fixpunktverdichtung übernommen werden. Die Wirtschaftlichkeit der photogrammetrischen Methode, verglichen mit geodätischen Verfahren, steigt mit wachsenden Punktdichten. Die erreichbaren Genauigkeiten liegen bereits im cm-Bereich und können durch Verfeinerung des Aufnahmee und Auswerteprozesses noch gesteigert werden. Dabei sollte aber die wirtschaftliche Seite nicht unbeachtet bleiben. Im folgenden wird ein kurzer Überblick über mögliche Verfahren der Fixpunktverdichtung und deren Grenzen gegeben. Das Problem der Bildgeometrie, ins-

besondere des Filmverzuges, das allen photogrammetrischen Verfahren anhaftet, wird darauf näher untersucht.

1.1 Verfahren der photogrammetrischen Fixpunktverdichtung

Es werden ausschliesslich Verfahren behandelt, die grössere festpunktlose Räume überbrücken können. Auf den einfachen Fall der Fixpunktverdichtung im Einzelmodell wird nicht eingegangen. Die Verfahren der Streifenausgleichung, seien es graphische oder numerische Methoden, sind technisch überholt. Bei den Blocktriangulationen treten drei grundsätzlich verschiedene Verfahrensgruppen auf. Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch den Zeitpunkt des Überganges von analogen zu digitalen Operationen. Tabelle 1 vermittelt eine Übersicht über Methoden der photogrammetrischen Fixpunktverdichtung. Dabei bezeichnet die Verfahrensnummer die Anzahl analoger Operationen des betreffenden Verfahrens, der Buchstabe gibt einen Hinweis auf die Bezeichnung des Verfahrens.

Allmählich setzen sich die Methode der unabhängigen Modelle mit analoger (2c) oder analytischer (1c) Modellbildung und die Bündelblockausgleichung (1d) allgemein durch. Diese Tendenz wird sich fortsetzen, da die notwendigen Ausgleichsprogramme nicht nur auf Grosscomputeranlagen installiert sind, sondern zum Teil bereits auf den attraktiveren Minicomputern. Im Hinblick auf den Einsatz von analytischen Plottern, bei denen ein solcher Rechner einen wesentlichen Bestandteil bildet, ist dies von entscheidender wirtschaftlicher Bedeutung. Die Rechenzeit spielt dann nicht mehr eine so grosse Rolle wie heute, da der Rechner als Systemkomponente sowieso jederzeit zur Verfügung steht.

1.2 Ergebnisse von terrestrisch kontrollierten photogrammetrischen Blockausgleichungen

Im Herbst 1972 wurde in (1) ein Bündelprogrammsystem publiziert. Seither wurden vom Autor und am Institut mehrere Blöcke mit diesen Programmen ausgeliert. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über einige dabei erzielte Resultate. Als Vergleichswerte werden immer geodätisch bestimmte Koordinatenwerte verwendet, die als fehlerfrei angenommen werden. Es ist sofort ersichtlich, dass die erreichten quadratischen Mittelwerte \bar{M}_p relativ schlecht zu den erreichten mittleren Gewichts-

Stufe	Verfahren							
	3a	3b	2a	2b	2c	1a	1b	1c
Einzelbild (Bildkoordinaten)	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Relativ orientiertes Modell (Modellkoordinaten)	▼	▼	▼	▼	▼	●	●	●
Folgebildanschluss (Streifebildung)	▼	▼	●	●	●	●	●	
Streifenausgleichung	●	●	●	●	●	●	●	
Blockausgleichung	●	●	●	●	●	●	●	●

▼ analoge Operation
● analytische Operation
— Übergang analoge-analytische Operation

a, b Interpolationsverfahren
c Methode der unabhängigen Modelle
d Bündelmethode

Tabelle 1 Übersicht über Methoden der photogrammetrischen Fixpunktverdichtung

Projekt	m_B	n_{Ph}	$q \%$	1%	n_{PP}	σ_o [μm]	n_{VP}	M_x [cm]	M_y [cm]	M_p [cm]	\bar{M}_p [μm]	$\frac{\bar{M}_p}{\sigma_o \sqrt{2}}$
Oberschwaben	28 000	105	20	60	29 LPP 61 HPP	4,5	274	20,0	38,1	43,0	15,4	2,4
Vorarlberg	12 000	21	30	60	10 VPP	4,7	118	10,8	10,7	15,2	12,7	1,9
Gramastetten	10 000	39	30	60	14 VPP	3,7	98	5,5	7,8	9,5	9,5	1,8
Alp Flix	7 000	29	60	60	14 VPP	7,8	61	4,1	3,9	5,7	8,1	0,7
Fräschels	5 500	37	60	60	14 VPP	3,6	ca. 80	4,2	4,2	6,0	10,9	2,1
Le Bemont	4 500	57	30	60	12 VPP	7,1	26	5,3	5,0	7,3	16,2	1,6

m_B	Bildmaßstab	n_{VP}	Anzahl Vergleichspunkte
n_{Ph}	Anzahl der Bilder im Block	M_x, M_y	mittlere Fehler der Bodenpunktkoordinaten
$q \%$	Querüberdeckung	M_p	quadratische Mittelwerte ($\sqrt{M_x^2 + M_y^2}$)
1%	Längsüberdeckung	σ_o	mittlerer Gewichtseinheitsfehler
n_{PP}	Anzahl Passpunkte (LPP Lagepasspunkte) (HPP Höhenpasspunkte) (VPP Vollpasspunkte)	\bar{M}_p	$\bar{M}_p = \frac{M_p}{m_B}$

Tabelle 2 Übersicht über einige mit dem Programm BUEND erzielten Resultate

einheitsfehlern passen. Dies ist vor allem auf systematische Abweichungen des physikalischen Aufnahmeverganges vom mathematischen Ausgleichsmodell zurückzuführen.

Die ausgeglichenen Bodenpunktkoordinaten sind eine Funktion der beobachteten Bildkoordinaten. Ihre mittleren Fehler müssen daher mit dem Fehlerfortpflanzungsgesetz bestimmt werden.

Wegen der Grösse des Normalgleichungssystems kommt jedoch zurzeit weder eine Teilinversion noch eine volle Inversion in Frage. Man kennt daher die Kofaktoren, die mit σ_o zu multiplizieren sind, nicht. Es bestehen jedoch Untersuchungen an theoretischen Blöcken (2), deren Ergebnisse auf die praktischen Beispiele übertragen werden können. Daraus lässt sich ein Wert für $\bar{M}_p/(\sigma_o \sqrt{2})$ schätzen.

Treten zwischen dem geschätzten Wert und dem effektiv erreichten grösseren Abweichungen auf, ist dies ein Hinweis auf systematische Fehler im Bildmaterial oder auf Zwänge im vorhandenen Passpunktnetz. Ein weiterer Hinweis für das Auftreten solcher Fehleranteile sind die grossen mittleren Fehler der Gewichtseinheit, die oft nicht mit der erreichbaren Messgenauigkeit von zirka 2 bis 3 μm übereinstimmen. Will man die Leistungsfähigkeit der Methode weiter steigern, muss man vorerst diese systematischen Fehleranteile genauer analysieren.

1.3 Quellen systematischer Fehleranteile im Bildmaterial

Betrachtet man den photogrammetrischen Aufnahmee- und Auswerteprozess etwas genauer, so treten viele mögliche Ursachen für solche Fehler auf. Als Beispiel seien hier die Refraktion, die Turbulenz vor dem Aufnahmee- objektiv, die Objektivverzeichnung, Filmmeßnung und Filmtransport, Entwicklung und Lagerung des Films, Fehler des Messinstrumentes und systematische Interpretationsfehler des Operateurs bei der Auswertung an-

geführt. Im folgenden beschränke ich mich auf die Probleme der Filmdeformation.

Unter dem Begriff Filmdeformation werden alle metrischen Abweichungen zusammengefasst, die zwischen einem in eine bestimmte Bildebene projizierten Bild und dem auf der photographischen Schicht festgehaltenen Bild, an dem die Messungen vorgenommen werden, auftreten. Die Gründe für diese Abweichungen sind insbesondere die Lagerung des Filmes, der Filmtransport und die Filmmeßnung in der Aufnahmekammer, die Entwicklung, Aufbewahrung und Weiterverarbeitung des Filmes bis zur Auswertung. In (3) und (4) finden sich durch praktische Beispiele gestützte theoretische Untersuchungen über die einzelnen Fehleranteile der Filmmeßnung und des Filmverzuges. Ein Teil dieser Effekte kann beim Einsatz einer Reseaukammer erfasst und bei der Auswertung, sofern diese analytisch erfolgt, berücksichtigt werden. Das Reseau kann jedoch nur grossflächige Deformationen aufdecken. Die untere Grenze ist durch die Dichte der Reseaupunkte, die meist 1 cm beträgt, begrenzt. Immerhin steht für die Korrektur bedeutend mehr Information zur Verfügung als bei den herkömmlichen Messkammern mit nur 4 oder 8 Rahmenmarken.

2. Konstruktionsmöglichkeiten für Reseaukammern

Die zurzeit verwendeten Reseaukammern stützen sich im wesentlichen auf drei verschiedene Konstruktionsideen. Beim Dia-Reseau wird unmittelbar vor dem Anlegerahmen als letztes Element des Objektivstutzens eine stabile Glasreseauplatte mit aufgedampften oder geätzten Kreuzen eingebaut. Dabei kann die übliche Filmtransport- und Filmmeßnungsvorrichtung beibehalten werden. Beim Epi-Reseau sind in die Anlegeplatte mehrere kleine Projektoren eingebaut, mit denen von hinten Markierungen auf den Film belichtet werden. Die dritte Möglichkeit ist die Verwendung von Reseauleisten entlang der Bildformatbegrenzungen, was im Prinzip einer

Erhöhung der Zahl der Rahmenmarken gleichkommt. Dieses dritte Prinzip liefert natürlich bedeutend weniger Information über den Filmverzug als ein das ganze Bildformat überdeckendes Reseau.

Für die Versuche bei der Fixpunktverdichtung des Vermessungsamtes der Stadt Zürich (5), in deren Rahmen diese Untersuchungen ausgeführt wurden, stand der Prototyp eines Reseauobjektives Wild Spezial Aviogon II R 15 cm für die RC-10-Serie zur Verfügung. Der Konstruktion liegt das Prinzip des Dia-Reseaus zugrunde. Der Abstand der Reseauebene zur Filmebene beträgt 170 μm . Das Objektiv wurde umgerechnet, um eine neuartige reflektierende orange Tageslichtfarbe zu Signalisierungszwecken optimal einsetzen zu können.

3. Grundlagen der Untersuchungen

Das gesamte zur Verfügung stehende Bildmaterial wurde mit dem gleichen Objektiv aufgenommen. Es bestand aus 65 Aufnahmen für das VA der Stadt Zürich, aus dem der in (5) beschriebene Block gebildet wurde, und 13 Testaufnahmen von der Herstellerfirma und vom Besteller des Objektives. Sämtliche Messungen wurden auf dem Stereokomparator STK 1 ausgeführt. Für die Berechnungen wurden die in (1) beschriebenen Programme zur analytischen Blockausgleichung nach der Bündelmethode, ein in (6) erläutertes Programm zur Interpolation nach kleinsten Quadraten und ein vom Verfasser geschriebenes Programm zur Transformation der Komparatorkoordinaten auf die Reseausollwerte verwendet. Das Messprogramm wurde nach einigen Versuchen wie folgt festgelegt: Messung der Reseaupunkte in einer Dichte von 2 cm (das heisst 144 Reseaukreuze pro Bild), Messung der signalisierten Punkte, Doppelmessung einiger Reseaupunkte und signalisierter Punkte zur Beurteilung der Messgenauigkeit.

4. Untersuchungen des Filmmaterials auf Deformationen

Die gesamten Untersuchungen wurden schrittweise durchgeführt. Endziel war die Aufgliederung der Deformationen in einen systematischen und einen unregelmässigen Anteil sowie der Vergleich dieser Anteile in verschiedenen Bildern. Der systematische Anteil kann vorerst durch geeignete Wahl der Transformationsparameter bei der Umrechnung der Komparatorkoordinaten auf die von der Herstellerfirma gelieferten Reseausollkoordinaten erfasst werden. Hierzu wurde bei den Untersuchungen eine affine Transformation angesetzt. Ein weiterhin verbleibender systematischer Anteil lässt sich mit einer Kovarianzanalyse aus den Restfehlern der Transformation ausfiltern. Den verbleibenden Rest bezeichnen wir als unregelmässigen Anteil. Eine detaillierte Darstellung aller bisher erhaltenen Resultate, die in (7) zusammengestellt sind, würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Hier soll nur auf einige Probleme bei der Bildkoordinatenbereinigung, wie sie für die in (5) beschriebene Fixpunktverdichtung verwendet wurde, hingewiesen werden.

4.1 Massstabsänderung

Bei der Transformation sind die in der Reseauebene gemessenen kalibrierten Reseausollwerte vorgegeben. Die

Komparatorkoordinaten werden in der Filmebene gemessen. Daher enthalten die Massstabsfaktoren nebst einem Anteil der Filmdeformation auch die Transformation der Sollwerte in die Filmebene. Aus dem Sollabstand der Reseauebene von der Filmebene von zirka 170 μm ergibt sich ein Idealmaßstab von 1,0011. Die aus der Transformation erhaltenen Werte streuen im Bereich 1,0014 bis 1,0019. Die Schwankungen lassen sich durch die Einflüsse der Änderung der relativen Feuchtigkeit und der Temperatur auf den Film erklären (8). Auffallend ist aber, dass die Anfangsaufnahmen jedes Streifens, bei denen der Film längere Zeit in Bereitschaftsstellung lag und damit wesentlich anderen Umwelteinflüssen ausgesetzt war als der restliche Filmvorrat auf der Spule, grössere Massstabsunterschiede aufweisen. Im allgemeinen ist der Massstab zirka 0,08 % kleiner als derjenige der übrigen Aufnahmen im Block. Es empfiehlt sich also, zu Beginn jedes Streifens mehrere Vorauslösungen vorzunehmen, damit die eigentlichen Messaufnahmen möglichst den gleichen Umweltbedingungen vor und während der Exposition ausgesetzt sind. Dies entspricht auch den Ratschlägen der Filmhersteller.

4.2 Massstäbliche Affinität

Die massstäbliche Affinität wird aus den verschiedenen Massstäben von Längs- und Querrichtung des Filmes berechnet. Positive Werte bedeuten, dass der Massstab in Längsrichtung, also in Fabrikationsrichtung des Filmes grösser ist als in Querrichtung. Die erhaltene Affinität ist positiv. Im Blockmittel beträgt sie +0,050 %, im Vergleich zu +0,040 % in (9). Auffallend sind die grossen Differenzen innerhalb der Streifen. Betrachtet man jedoch die Streifenmittel, so ist eine mit zunehmender Flugdauer deutlich kleiner werdende Affinität festzustellen. Der Ansatz einer affinen Transformation für die Umrechnung der Komparatorkoordinaten in Bildkoordinaten war somit wegen der ungleichen Massstäbe gerechtfertigt.

4.3 Kovarianzanalyse

Die aus der Transformation erhaltenen Restfehler wurden einer Varianz-Kovarianz-Analyse unterworfen. Die Kovarianzfunktionen wurden aus programmtechnischen Gründen für x und y getrennt empirisch bestimmt. Die Schrittweite betrug 25 mm, die Anzahl der Schritte 5. Pro Bild standen 140 Stützwerte zur Verfügung. Das gewählte Verfahren mit der getrennten Behandlung der beiden Koordinatenrichtungen ist sicher nicht ideal. Die Korrelation zwischen x- und y-Komponenten wird nicht berücksichtigt. Das in (10) verwendete Verfahren mit Aufspaltung in Längs-, Quer- und Kreuzkorrelation wäre dem Problem besser angepasst. Aus zeitlichen Gründen musste jedoch auf das bestehende Programm zurückgegriffen werden.

Die erhaltenen Scheitelwerte der auf 1 normierten Kovarianzfunktion schwanken zwischen 0,26 und 0,72. In Flugrichtung zeigen sie mit zunehmender Flugdauer eine abnehmende Tendenz. In y-Richtung streuen sie auch innerhalb der einzelnen Flugstreifen ziemlich stark. Eine Übertragung von einem Bild auf das nächste ist also nicht möglich. Diese Tatsache wird bestätigt, wenn man

die Korrekturen an einzelnen Reseaupunkten in verschiedenen Bildern sowohl vor als auch nach der Kovarianzanalyse vergleicht. Mit dieser Prädiktionsfilterung konnten die Restfehler von $6,0 \mu\text{m}$ im Blockmittel vor der Filterung auf $2,8 \mu\text{m}$ reduziert werden, verglichen mit einer Messgenauigkeit von $1,8 \mu\text{m}$ an den Reseaupunkten. Eine ausführlichere Übersicht über die Wirkung der Kovarianzanalyse in den einzelnen Streifen vermittelt Tabelle 3.

Streifen	2	3	4	5	6	7	8
Anzahl Bilder	9	10	9	7	7	8	8
m. Restfehler nach der Transformation [μm]	8,9	6,7	5,7	5,2	5,5	4,7	5,4
m. Restfehler nach der Filterung [μm]	3,0	2,8	2,8	2,8	3,0	2,7	2,6
m. Fehler aus Doppel-messungen [μm]	1,8	1,8	1,7	2,0	2,0	1,7	1,6

Tabelle 3 Vergleich der mittleren Restfehler vor und nach der Prädiktionsfilterung

4.4 Zusätzliche Untersuchungen

Die überraschend grossen Restfehler nach der Transformation waren Anlass zu Detailuntersuchungen an einzelnen ausgewählten Bildern aus verschiedenen Flügen. Dabei zeigte sich, dass hauptsächlich die Randpunkte ab einem Radius von zirka 10 cm vom Hauptpunkt die mittleren Restfehler ansteigen lassen.

Zwei Reseaupunkte am Bildrand mit sehr grossen Fehlern bis $80 \mu\text{m}$ in radialer Richtung weisen auf eine unvollständige Filmplanlegung am Rande hin. Diese extremen Randzonen der Bilder werden jedoch für die Auswertung meistens nicht verwendet.

Kontaktkopien der Reseauplatte auf Glas dienten der Untersuchung der Stabilität und der Überprüfung der Geometrie des Reseaus über längere Zeit. Diese Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

5. Folgerungen

Die an den Reseaufnahmen durchgeführten Untersuchungen geben zu den folgenden Schlussfolgerungen Anlass:

- Der Film reagiert stark auf das Einschalten der Aufnahmekammer. Jeweils die ersten Aufnahmen weisen eine stark veränderte Geometrie auf.
- Die systematischen Bildfehleranteile werden mit zunehmender Flugdauer kleiner. Sie sind im einzelnen Bild abhängig vom Abstand zum Hauptpunkt.
- Grössere Unregelmässigkeiten in der Planlegung des Filmes während der Aufnahme können mit Hilfe des Reseaus erkannt und zum Teil korrigiert werden.

4. Aufnahmen von verschiedenen Flügen zeigen unterschiedliche Filmverzugscharakteristiken. Es ist daher nicht möglich, Erkenntnisse aus einem Flug direkt auf einen andern zu übertragen. Kontrollmessungen sind unbedingt erforderlich.

5. Die Berücksichtigung des Filmverzuges mit Hilfe des Reseaus bei der durchgeführten Fixpunktverdichtung (5) ergab eine Lagegenauigkeitssteigerung von 22 % innerhalb des Passpunktviereckes und von 40 % für den ganzen Block. Sie entspricht ungefähr der in (3) gefundenen Genauigkeitssteigerung von zirka 28 % im Einzelmodell für Weitwinkelkammern. Dabei konnten vor allem grosse systematische Restfehler an den Bodenpunktkoordinaten reduziert werden.

6. Der erhöhte Messaufwand verhindert vorläufig die Anwendung des Reseaus in vielen Fällen aus rein wirtschaftlichen Gründen. Die Möglichkeit des automatischen Anfahrens von Punkten bei analytischen Plottern oder automatischen Komparatoren wird aber in Zukunft diese Aspekte stark beeinflussen.

Innerhalb des allgemeinen Trends, in der Photogrammetrie systematische Fehleranteile zu lokalisieren und zu eliminieren, kommt dem Problem des Filmverzuges zentrale Bedeutung zu. Dieser Beitrag reiht sich in die Folge der zahlreichen Untersuchungen zu diesem Thema ein.

Literatur

- T. Schenk: FORTRAN-Programme zur analytischen Blockausgleichung nach der Bündelmethode. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie ETHZ. Computerprogramme Nr. 2, Dezember 1972.
- E. Kilpelä: Passpunktanordnung bei der Bündelausgleichung der analytischen Photogrammetrie. The Photogrammetric Journal of Finland, Vol. 5, No. 1, 1971.
- H. K. Meier: Modellvorstellungen zur Luftbild-Aufnahmedisposition. BuL 1/1970.
- H. K. Meier: Zur Filmplanlage in Luftbildkammern. BuL 1/1972.
- Ch. Leuenberger: Test photogrammetrische Fixpunktverdichtungen Zürich-Höngg. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 6-77.
- K. Kraus: Film Deformation Correction with Least Squares Interpolation. Photogrammetric Engineering, May 1972.
- S. Heggli: Erfahrungen beim Einsatz einer Reseukammer in der photogrammetrischen Fixpunktverdichtung. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie ETHZ, Bericht Nr. 3.
- P. Z. Adelstein: Dimensional Stability of Estar Base Films. Photogrammetric Engineering, Jan. 1972.
- H. Ziemann: Untersuchungen an Reseaufnahmen. DGK, Reihe C, Nr. 104, 1967.
- K. H. Ellenbeck: Untersuchungen zum stochastischen Verhalten von Reseaufnahmen. Presented Paper, Komm. I, ISP Kongress Helsinki 1976.

Adresse des Verfassers: Siegfried Heggli, dipl. Verm.-Ing. ETH, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich