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: 4

Artikel: Beurteilung der Bildqualität von Luftbildkammern

Autor: Tiziani, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-228760

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: 12.07.2025

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

Im gesamten betrachtet, lässt *der Vergleich der Höhen des LN_1 mit denen des NdP überall da Hebungen vermuten, wo sie durch die spätern Nivellemente nachgewiesen werden.*

Zum Schluss möchte der Verfasser dem Direktor der Eidgenössischen Landestopographie, Herrn Dipl.-Ing. E. Huber, für das Interesse an dieser Studie sowie für die Herstellung der Zeichnungen und dem Chef des Landesnivellementes, Herrn Dipl.-Ing. E. Gubler, für die Anregungen und die Mitarbeit danken.

Literatur

[1] Jeanrichard, F.: Nivellement et surrection actuelle des Alpes. Mensuration, Photogrammétrie, Génie rural; revue trimestrielle de la Société suisse des mensurations et améliorations foncières, I-73.

[2] Hirsch, A., et Plantamour, E.: Nivellement de précision de la Suisse, exécuté par la commission géodésique fédérale. Livraisons I-X; 1867–1891.

[3] Zölly, H.: Geschichte der geodätischen Grundlagen für Karten und Vermessungen in der Schweiz, 1948.

[4] Zeitschrift für Vermessungswesen (deutsche), Jahrgänge 1877, 1879, 1885, 1887, verschiedene Artikel über die Präzisionsnivellemente der deutschen Staaten.

[5] Helmert, F. R.: Zur Bestimmung des Gewichtes von Beobachtungen, deren mittleres Fehlerquadrat sich aus mehreren Teilen zusammensetzt, Astronomische Nachrichten 89, Nr. 2127 und 2128.

[6] Festschrift anlässlich des 100jährigen Bestehens der Schweizerischen Geodätischen Kommission, 1861–1961.

[7] Gassmann, R.: Das Präzisionsnivellement über die Grimsel, 1880, 1901 und 1920. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung und Kulturtechnik, 1922.

Adresse des Verfassers:
Prof. Dr.-Ing. F. Kobold, Möhrlistrasse 85, 8006 Zürich

Beurteilung der Bildqualität von Luftbildkammern

H. Tiziani

Résumé

La fonction de transfert optique (OTF) se révèle un moyen très précieux pour comparer et se rendre compte de la qualité des systèmes optiques. On peut même tenir compte des facteurs de l'environnement, tels que le mouvement des avions et de l'influence de l'atmosphère sur la qualité d'image.

Les valeurs mesurées peuvent être comparées aux valeurs calculées à partir des caractéristiques des lentilles. A l'aide d'un modèle basé sur des expériences, il fut possible d'établir une courbe de la valeur des seuils. Elle permet une comparaison entre les résultats basés sur la fonction de transfert de modulation et les résultats obtenus par des tests habituels de mesure du pouvoir séparateur. Actuellement nous cherchons à réduire le volume des données provenant de calculs et de mesures, pour établir des indices de qualité et de focalisation utilisables en pratique.

1. Einleitung

Die Luftbildmessung wird heute praktisch für alle Kartierungsaufgaben eingesetzt und ist als wirtschaftliches Messverfahren anerkannt. Zum beachtlichen Fortschritt der Leistungsfähigkeit der Photogrammetrie hat die verbesserte Bildqualität der Aufnahmeobjektive wesentlich beigetragen. An die neuen Objektive werden sowohl in bezug auf Auflösung, Lichtstärke, Lichtverteilung, Farbkorrektur vom Sichtbaren bis ins Infrarote, als auch was die Verzeichnung anbetrifft, grosse Anforderungen gestellt. Die Erweiterung der Farbkorrektur bis ins Infrarote resultierte aus dem Wunsch nach vermehrter Verwendung von Farb-, IR- und Falschfarbenfilmen. Es ist erstaunlich, was heute Luftaufnahmeobjektive leisten, wenn man bedenkt, dass auf dem Format 23 × 23 cm eine Information von etwa 10^8–10^9 bits gespeichert werden kann. Das optische System ist aber nur ein Glied der Abbildungskette. Empfänger, z. B. Fotoemulsionen sowie Umwelteinflüsse, sind für die resultierende Bildqualität ebenfalls verantwortlich.

Wegen vermehrter Verbreitung der Luftbildfotografie sowie der Auswertung von Bildern, aufgenommen aus grösseren Flughöhen, wird der Bildqualität erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt. Dies äussert sich unter anderem in den Bemühungen, vorerst zuverlässige Kriterien zur Bewertung der Bildgüte der optischen Systeme zu erhalten. Allerdings sind diese Bestrebungen nicht nur bei Luftaufnahmeobjektiven, sondern auch bei anderen Linsensystemen zu beobachten (1–4). Mehrere nationale und internationale Gremien befassen sich heute mit der optischen Übertragungsfunktion OTF (*O*ptical *T*ransfer *F*unction) und deren Anwendung zur Beurteilung der Bildqualität. In verschiedenen Ländern wurden schon mehr oder weniger komplexe OTF-Spezifikationen ausgearbeitet (5, 6). Der Grund, warum sich die OTF beziehungsweise MTF (*M*odulation *T*ransfer *F*unction; ohne Berücksichtigung der Phase) bis heute noch nicht allgemein als Bewertungskriterium eingeführt hat, liegt in den bis vor kurzem aufgetretenen Abweichungen zwischen Rechnung und Messung einerseits und den Messungen untereinander, die an verschiedenen Stellen ausgeführt wurden. Die Ergebnisse der letzten Vergleichsmessungen im Rahmen des DIN-Normenausschusses sind aber sehr befriedigend. Gute Übereinstimmung der Ergebnisse verschiedener Messstellen in Europa konnten für ein identisches Objektiv erreicht werden. Sowohl das Institut für Technische Physik/AFIF der ETHZ, als auch die Firma WILD HEERBRUGG AG beteiligten sich an den Ringversuchen.

2. Prinzip der optischen Übertragungsfunktion

Bei der optischen Übertragungsfunktion betrachten wir das optische System als lineares, passives Filter zur Übertragung von Ortsfrequenzen. Beim optischen System wird eine zweidimensionale Helligkeitsverteilung von der Objektivebene in die Bildebene abgebildet. Als Vergleich gilt ein analoges Verfahren in der Übertragung elektrischer Signale. Die Theorie der Übertragungsfunktionen linearer, elektrischer Filter bedient sich der Zeit und Zeitfrequenzen.

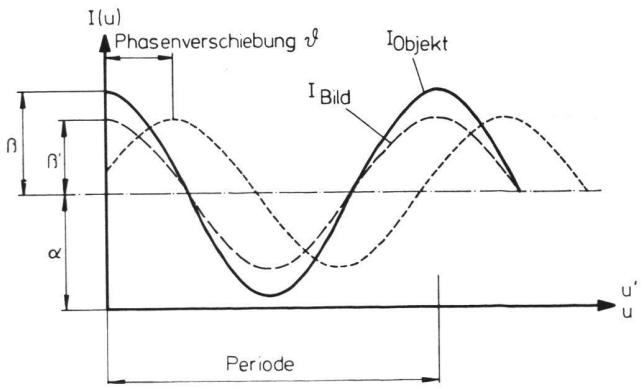

Abb. 1 Prinzip der optischen Übertragungsfunktion

Das Prinzip der optischen Übertragungsfunktion ist in Abbildung 1 schematisch aufgezeichnet (für eine Ortsfrequenz = 1/Periode). Eine sinusförmige Helligkeitsverteilung in der Objektebene erscheint im allgemeinen in der Bildebene wieder sinusförmig, allerdings mit reduziertem Kontrast und möglicherweise mit einer seitlichen Verschiebung (Phasenverschiebung). Nach der Fourier-Transformationstheorie lässt sich aber jede Helligkeitsverteilung aus Sinusfunktionen zusammengesetzt behandeln, so dass bei der Bildübertragung das optische System lediglich eine Filterfunktion für die Übertragung der verschiedenen Ortsfrequenzen darstellt. Der Kontrast im Objekt lässt sich nach der üblichen Definition schreiben als:

$$C_{Objekt} = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} = \frac{\beta}{\alpha}$$

und analog der Kontrast im Bild

$$C_{Bild} = \frac{\beta'}{\alpha}$$

Das Verhältnis des Kontrastes im Bild zu demjenigen im Objekt ist die Modulationsübertragungsfunktion (MTF) für eine Frequenz:

$$MTF = \frac{C_{Bild}}{C_{Objekt}} = \frac{\beta'}{\beta} \qquad 1)$$

Ein allfälliger Phasenfehler ϑ manifestiert sich durch eine seitliche Verschiebung der Abbildung des Sinusgitters relativ zu dem im Objekt (für eine bestimmte Frequenz). Diese Verhältnisbildung der Kontraste und die Phasenmessung werden bei verschiedenen Ortsfrequenzen wiederholt. Daraus resultiert die optische Übertragungsfunktion (OTF).

Die OTF spezifiziert quantitativ die Abbildungseigenschaft optischer Systeme. Sie liefert physikalisch messbare Grössen zur Klassifizierung der Leistungsfähigkeit optischer Einrichtungen. Zur vollständigen Beschreibung optischer Systeme wird je nach Art des Systems die Kenntnis weiterer Eigenschaften, z. B. Verzeichnung, spektraler Transmissionsgrad, Lichtverteilung über das Bildfeld, oder Streulicht herangezogen werden.

Die optische Übertragungsfunktion (OTF) vermittelt für jede Ortsfrequenz die Kontrastwiedergabe mit der Phase. Im Gegensatz zur Auflösung liefert sie bedeutend mehr Informationen über die Qualität des optischen Systems; das Auflösungsvermögen gibt lediglich das Resultat eines Punktes der Kontrastübertragung.

Wie ist nun der Zusammenhang zwischen OTF und der Bildqualität? Bei praktisch allen abbildenden Linsensystemen guter Qualität kann das optische System als lineares, passives Filter zur Übertragung von Ortsfrequenzen betrachtet werden. Demnach lässt sich bei inkohärenter Beleuchtung die Intensitätsverteilung im Bild B′ (u′, v′) schreiben als Überlagerung der *Intensität des Objektes* B (u,v) mit der *Intensität des Punktbildes* G (u′, v′) (Abbildung 2). Zur Vereinfachung der Schreibweise und zur übersichtlichen Darstellung wird die Vergrösserung eins angenommen. Das Punktbild charakterisiert aber die Abbildungsqualität; je kleiner die Verbreiterung des Punktbildes, desto besser ist die Qualität (Abbildung 2). Dieses Punktbild kann durch den Einfluss von Umweltbedingungen zusätzlich verbreitert werden. Die Helligkeitsverteilung im Bild ist:

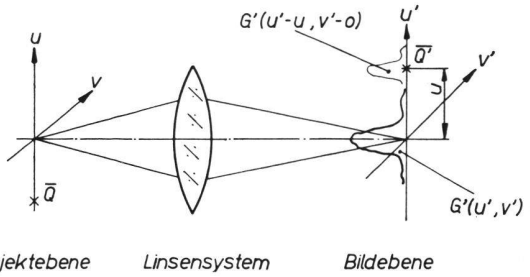

Abb. 2 Optische Abbildung des Punktbildes

$$B'(u', v') = \int\int_{-\infty}^{\infty} B(u, v) \cdot G(u'-u, v'-v)\, du dv \qquad 2)$$

Obige Gleichung stellt aber mathematisch eine Faltung dar. Daraus folgt die Fourier-Transformation:

$$b'(R, T) = b(R, T) \cdot g(R, T) \qquad 3)$$

dabei sind b′ (R, T), b (R, T), g (R, T) jeweils die Fourier-Transformationen des Bildes, der Objektintensität sowie des Punktbildes. R, T sind Ortsfrequenzen in sagittaler und tangentialer Richtung. Nach der obigen Definition ist die OTF:

$$OTF(R, T) = \frac{g(R, T)}{g(O, O)} = MTF(R, T) \exp[i\,\vartheta(R, T)] \quad 4)$$

Die OTF setzt sich aus Betrag und Phase zusammen, doch wird in dieser Abhandlung nur die Modulationsübertragungsfunktion (MTF) ausführlicher beschrieben. Über die praktische Bedeutung der Phase wird zurzeit noch viel diskutiert. Für den Optikrechner und zur Feststellung von Asymmetrien ist die Phase sicher wichtig. Die MTF des Gesamtsystems kann vielfach (5) als Multiplikation der MTF der einzelnen Glieder bestimmt werden.

In der heutigen Zeit, wo die Tendenz nach immer grösseren Flughöhen und kleineren Massstabsaufnahmen für photogrammetrische Auswertung geht, wird die Bildqualität immer wichtiger. Dies führt nicht nur zu grösseren Anstrengungen, die Bildqualität zu verbessern, sondern auch zur Anwendung objektiver Beurteilungskriterien. Dabei müssen aber auch die fotografische Emulsion und die Umweltbedingungen mitberücksichtigt werden.

Bereits im Entwicklungsstadium einer Linse kann die Modulationsübertragungsfunktion berechnet werden. Dies ermöglicht dem Konstrukteur der Linse die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Sollten die gerechneten Übertragungsfunktionen bei der Prüfung nicht erreicht werden, so haben sich möglicherweise Fabrikationsfehler eingeschlichen. Die Übertragungsfunktionen geben also auch die Möglichkeit, Produktionsfehler (wie Zentrierfehler usw.) zu bestimmen (8).

3. Messung der optischen Übertragungsfunktion

3.1 Übersicht über verwendete Messverfahren

Die verschiedenen Verfahren zur Messung der OTF, die zurzeit angewendet werden, lassen sich nach gemeinsamen Merkmalen in bestimmte Klassen einteilen (7).

– *Interferenzverfahren,* wo mit einem Zweistrahlinterferenzgerät nicht die Abbildungsebene, sondern die Pupillenebene des zu untersuchenden Objektives analysiert wird. Die Pupille ist die durch die geometrische Blende begrenzte Öffnung des Objektivs, welche in dem Objektraum (Eintrittspupille) oder in dem Bildraum (Austrittspupille) abgebildet wird. Zwischen der Austrittspupille und der Spalt- oder Punktabbildung besteht eine relativ einfache mathematische Beziehung, welche mit Hilfe der Fourier-Transformation einfach geschrieben werden kann. Interferenzverfahren werden speziell in Amerika verwendet. Schwierig werden die Messungen für «weisses Licht».

– *Direktes Abtastverfahren* des Spalt- oder Punktbildes. Die direkte Abtastung der Spalt- oder Punktabbildung mit Hilfe eines feinen Spaltes – mit Fotozelle und anschliessender Auswertung im Computer – ist eine zuverlässige Methode. Zur Beurteilung eines Linsensystems ist eine Anzahl solcher Punkt- oder Spaltabbildungen auf und ausserhalb der optischen Achse und in verschiedenen Bildebenen (Bestimmung eines Optimums) erforderlich. Aus diesem Grund kann diese Methode für industrielle Anwendung vielfach etwas langsam und umständlich sein. Allerdings wird die Entwicklung auf dem Computersektor dieser Technik wieder Auftrieb geben.

– *Gitterverfahren* mit materiellen oder im Strahlengang des Gerätes erzeugten Gittern (z. B. Moiréstreifen). Das Prinzip besteht darin, den Kontrast nach der im letzten Abschnitt gegebenen Definition im Bild und in der Objektebene für eine Anzahl Gitterkonstanten zu messen und zu vergleichen. Das Verhältnis der Kontraste ergibt die MTF; eine allfällige frequenzabhängige, seitliche Verschiebung liefert die Phase. Es kann aber auch das Spalt- oder Punktbild mit einem Gitter abgetastet und entsprechend ausgewertet werden.

3.2 Die direkte Messung der optischen Übertragungsfunktion

Das direkte Abtastverfahren wird eingehender diskutiert werden. Sowohl an der AFIF (ETHZ) als auch im Hause WILD wurden ähnliche Apparaturen, basierend auf diesem Prinzip, unter Mitwirkung des Autors entwickelt. Das Konzept der Konstruktion wird kurz erläutert.

Grundsätzlich misst das Gerät den Kontrast im Bild für jede Ortsfrequenz und vergleicht ihn mit dem des Gitters in der Objektebene. In diesem Bericht wird auf die Diskussion der Phasenmessung verzichtet. Sie basiert darauf, die Position des Gitters in der Bildebene mit dem des Objektes für verschiedene Ortsfrequenzen zu vergleichen. Unsere Konstruktion zur Messung der OTF ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt. Prinzipiell wird ein sich kontinuierlich bewegendes Transmissionsgitter auf den Bildspalt abgebildet und abgetastet, das heisst die Modulation der Abbildung des Gitters wird mit der des Gitters im Objekt verglichen. Als Lichtquelle dient eine 150-W-Halogenlampe mit Streuscheibe, Wärmeschutzfilter und geeigneten Farbfiltern. Als Objektgitter G wird das von Beck-Ealing gelieferte Radialgitter (EROS 100, Periode 10 Lp/mm) in einer Eigenkonstruktion verwendet. Allerdings ergibt das Radialgitter keine sinusförmige, sondern eine rechteckige Transparenz, was herstellungstechnisch bedingt ist. Letzteres wird mit einem Vergrösserungswechsler auf den Eingangsspalt S_1 abgebildet.

Das sich kontinuierlich bewegende Radialgitter (Frequenz = 1000 Hz) wird auf den Ausgangsspalt S_2 des Analysators A abgebildet. Durch elektrische Filtrierung des Ausgangssignals wird die Sinusgittertransmission bewerkstelligt (Bandfilter für erste Harmonische der Fourier-Serie). Die Ortsfrequenzänderung wird durch Neigung des Gitters relativ zum Eintrittsspalt erreicht, das heisst die Periode variiert mit dem Kosinus des Neigungswinkels des Gitters relativ zum Spalt S_1. Der Vergrösserungswechsler zur Abbildung des Gitters auf den Spalt erlaubt fünf Vergrösserungen $-0{,}4 < M < -2{,}5$.

Der Kollimator K projiziert den Objektspalt mit der Abbildung des Gitters ins Unendliche. Die Brennweite des Kollimators sollte etwa 10mal der Brennweite des Prüflings entsprechen. Der Kollimator muss speziell gut korrigiert sein. Kollimatoren mit den Brennweiten f = 570 mm sowie ein speziell für diesen Zweck im Hause WILD gerechnetes superachromatisches Teleobjektiv mit f = 2000 mm, bei 1000 mm Baulänge stehen

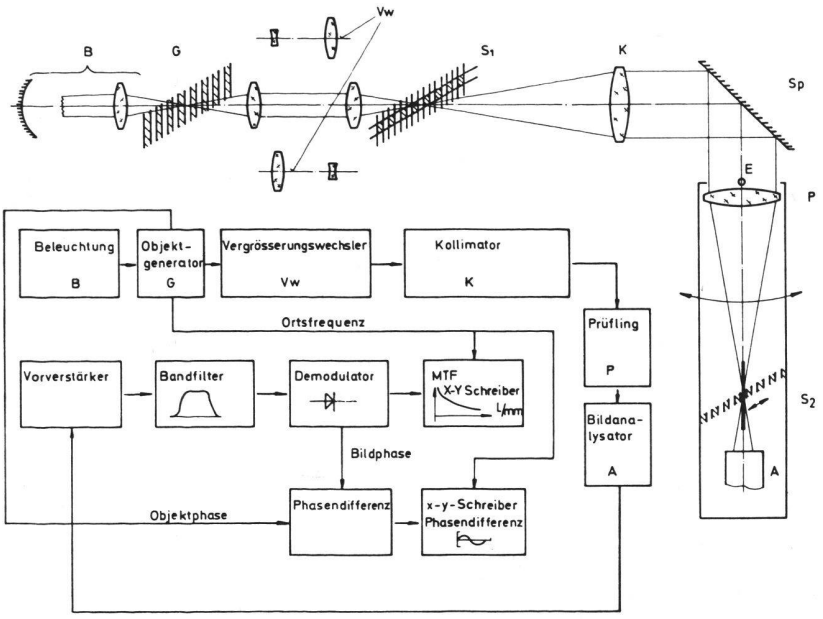

Abb. 3 Prinzip der Apparatur

zur Verfügung. Letzteres ist sehr gut korrigiert (beugungsbegrenzt für $400 < \lambda < 1000$ nm). Der freie Durchmesser beträgt 100 mm. Objekt- und Bildspalt S_1, S_2 sind aufgedampft und sehr schnell auswechselbar, so dass im allgemeinen die zwei Spalten entsprechend schmal gewählt werden, dass eine Spaltkorrektur vernachlässigt werden kann. Weiter wurde das Gerät so ausgelegt, dass bis unmittelbar zur Bildecke des jeweiligen Objektivs auch mit aufgesetzten Bildrahmen gemessen werden kann. Für ausseraxiale Bildpunkte (bis zum halben Bildwinkel $w = 55°$) wird der Schlitten mit Bildanalysator und Prüfling um die Eintrittspupille E des Prüflings P gedreht, wobei für die Auslenkung die Träger auf Luftkissen geschwenkt werden. Der ganze Aufbau (Abbildung 4) ruht auf einer in Sand gelagerten Kunststeinplatte, welche von Autopneus getragen wird. Die Eigenfrequenz des Grundaufbaus beträgt 2 Hz. Bei der Konstruktion des Gerätes wurde besonders auf einen stabilen Aufbau geachtet, wurde es doch speziell zur Prüfung von Luftbild-Weitwinkelobjektiven konzipiert. Die Apparatur kann aber auch zur Messung anderer Objektivtypen herangezogen werden. Die Verarbeitung der elektrischen Signale ist in Abbildung 3 schematisch wiedergegeben. Allfällige Frequenzmassstabkorrekturen bei ausseraxialen Messungen sind in der Elektronik des Gerätes berücksichtigt. Die Apparatur arbeitet sehr schnell, und im allgemeinen sind an den direkt am X/Y-Schreiber aufgezeichneten Ergebnissen keine Korrekturen erforderlich. Werden genaue Messungen erwartet (Abweichungen $< 0{,}05$ für die auf 1 normierte MTF), so muss auf Stabilität, Justierung, Temperaturänderung, Einhaltung einer inkohärenten Beleuchtung sowie Zentrierung des Objektivs grosse Bedeutung gelegt werden.

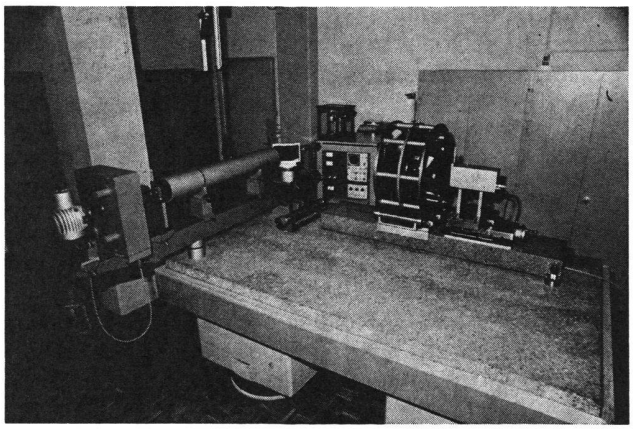

Abb. 4 Ansicht des Geräteaufbaus

4. Vergleich zwischen Rechnung und Messung der MTF (mono- und polychromatisch)

Zum Vergleich der Ergebnisse von Rechnung und Messung sowie von Messungen, die an verschiedenen Stellen ausgeführt werden, eignet sich die monochromatische Beleuchtung mit bekannter Bandbreite. Nicht nur Wellenlängen mit Bandbreite, sondern auch Blende und Einstellebene müssen genau bekannt sein und sowohl bei der Rechnung als auch bei der Messung überein-

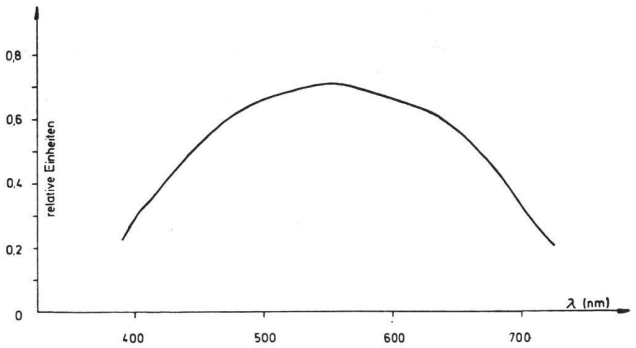

Abb. 5 Spektrale Verteilung für «Weisslicht»-Simulation, die der Rechnung und Messung der OTF und dem Auflösungstest zugrunde liegt

stimmen. Bei Luftbildkammern ist aber die «Weisslicht»-MTF wichtig. Abbildung 5 veranschaulicht eine «Weisslicht»-Simulationskurve für Tageslicht (Farbtemperatur 5500 °K) und eine Kombination von Schwarzweiss- und Farbfilm. Bei der «Weisslicht»-Simulation von Weitwinkelobjektiven ist für sehr genaue Vergleichsmessungen die spektrale Transmission des Objektivs zu berücksichtigen – speziell für kurzwelliges Licht. Für die spektrale Transmission der Weitwinkelobjektive sind die Absorption des Glases wie auch die Vergütungsschichten (Ein- und Mehrfachschichten) verantwortlich. Abbildung 6 zeigt eine typische Transmissionskurve für ein Universal-Weitwinkelobjektiv (UAgI). Diesem Umstand muss speziell bei der Gewichtung der Farben für den Vergleich zwischen Rechnung und Messung, besonders im Hinblick auf die vermehrte Verwendung von Farbaufnahmen, Rechnung getragen werden.

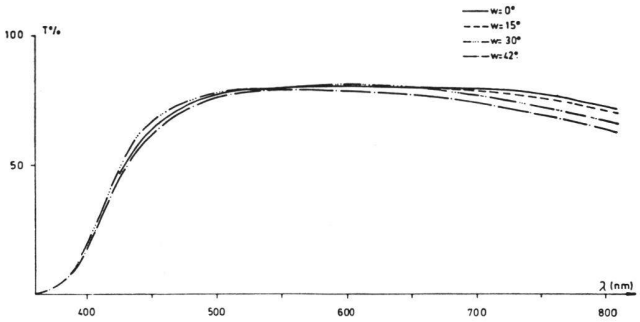

Abb. 6 Transmissionskurve des Universal Aviogon

Die OTF-Rechnung ergibt sich einerseits aus der Fourier-Transformation des Punktbildes oder aber der Autokorrelation der Pupillenfunktion (8). Zur Berechnung der OTF müssen aber alle optischen Daten des Systems bekannt sein. Unsere Berechnung der OTF basiert auf der Autokorrelation der Pupillenfunktion, wozu die Wellenfrontaberrationen über der Austrittspupille genau bestimmt werden müssen. Die Studien haben zum Schluss geführt, dass für die genaue Berechnung der OTF mit Hilfe der Autokorrelation für grosse Bildwinkel die Form der vignettierten Pupille genau ermittelt werden muss. Näherungen führen sehr schnell zu grösseren Fehlern. Das Rechenprogramm, das an der Technischen Hochschule (AFIF) in Zürich entwickelt wurde, ist optimiert auf Genauigkeit (< 1 %) und Rechenzeit. Zur Berechnung der OTF für weisses Licht werden für den entsprechenden Bildwinkel die nach der vorgegebenen spektralen Verteilung gewichteten OTF-Werte der einzelnen Farben vektoriell addiert.

Die Festlegung der besten Einstellebene ist bei Weitwinkelobjektiven relativ schwierig. Zum Vergleich von Rechnung und Messung muss ebenfalls eine physikalische Bezugsebene festgelegt werden. Zu diesem Zweck wird bei einer Ortsfrequenz von 20 Lp/mm, die wir anhand von Versuchen ermittelt haben, bei einzelnen Bildwinkeln durchfokussiert – sowohl monochromatisch als auch für weisses Licht. Dies führt vorerst zur Abschätzung der besten Bildebene. Dabei zeigte es sich, dass sich die Kurven bei grossen Bildwinkeln beim Durchfokussieren nur geringfügig ändern. Anschliessend wird mit einem Gütekriterium, welches sowohl die Flächen unter den MTF-Kurven als auch die Regelmässigkeit über das Bildfeld berücksichtigt, optimiert. Das Vorgehen lässt sich anhand eines Beispiels besser verstehen. Abbildung 7 zeigt einen Schnitt durch das neue Wild-21NAgII-Objektiv, f = 210 mm, 1:4. In Abbildung 8 sind Defokussierungskurven des 21NAgII für verschiedene Bildwinkel (bei f/4), für λ = 588 nm (Halbwertsbreite 20 nm) und weisses Licht aufgetragen (spektrale Verteilung nach Abbildung 5); die Rechenwerte sind

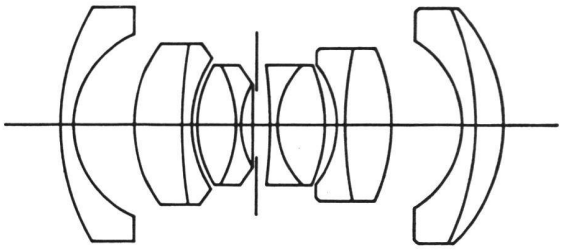

Abb. 7 Optikschema des Objektivs «Wild 21NAgII»

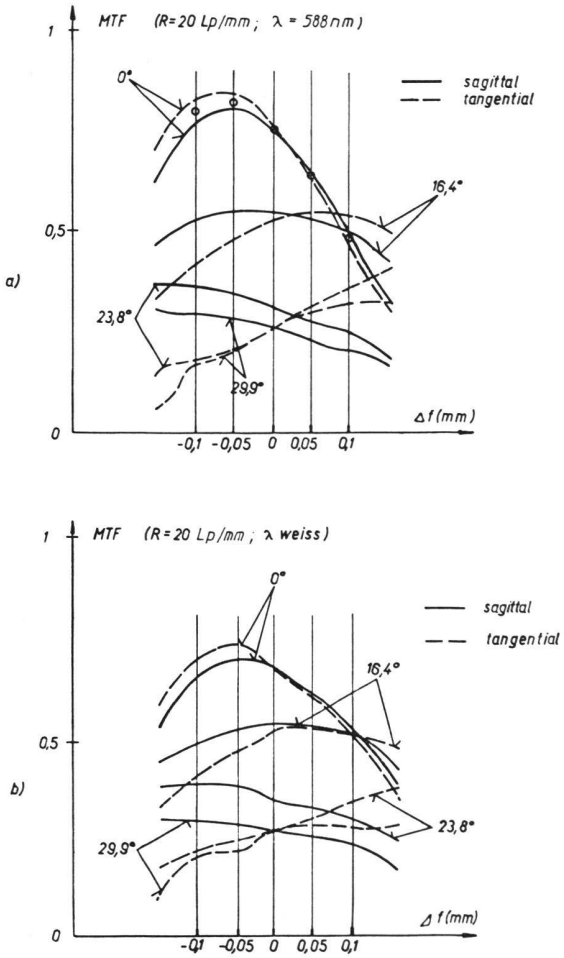

Abb. 8 Variation der MTF beim Defokussieren für verschiedene Bildwinkel, bei der Ortsfrequenz von 20 Lp/mm
a) für λ = 588 nm
b) für weisses Licht
°° Rechenwerte

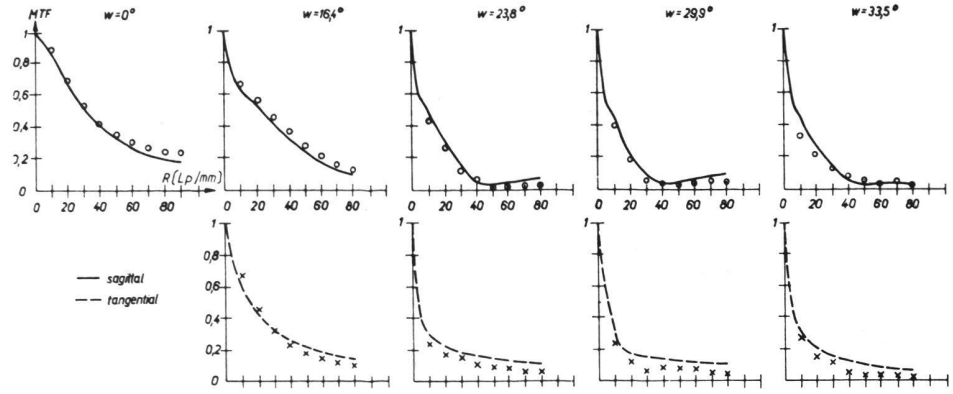

Abb. 9 Vergleich der Rechnung und Messung der MTF des Objektivs 21NAgII für weisses Licht und die beste Bildebene
—— sagittale Messwerte
ooo sagittale Rechenwerte
---- tangentiale Messwerte
xxx tangentiale Rechenwerte

mit Kreisen markiert. Bei Änderung der Öffnung verschiebt sich allerdings die beste Bildebene geringfügig.

Die Schnittweite des Prüflings ist im allgemeinen kein gutes Referenzmass. Unsere Studien haben jedoch ergeben, dass als Referenzmass für Rechnung und Messung das Maximum der Defokussierungskurve (MTF) bei vorgegebener Wellenlänge (in unserem Fall $\lambda = 588$ nm) nützlich ist. Wir suchen demnach vorerst das Maximum der MTF auf der Achse (z. B. bei 20 Lp/mm) und defokussieren zur besten Bildebene, wobei diese optimiert ist für das ganze Bildfeld (in unserem Beispiel $\Delta f = -0{,}12$ mm). Auf dieser Basis konnte bis jetzt sehr gute Übereinstimmung zwischen den anhand der Optikdaten gerechneten Werten und der Messung erreicht werden. So waren zum Beispiel die Abweichungen zwischen der mit Hilfe der MTF-Rechnung und Messung gefundenen besten Bildebene $\Delta f \leqq 0{,}02$ mm – bei Blende f/4. Anhand von verschiedenen Aufnahmen, mit Hilfe von subjektiven Methoden, z. B. klassischen Auflösungstests, konnten ähnliche Ergebnisse erzielt werden. In Abbildung 9 ist das Ergebnis der gerechneten und gemessenen MTF (Weisslicht) vom Wild-NAgII-Objektiv wiedergegeben. Die Messwerte sind hier mit Kreisen bzw. Kreuzen markiert. Zur Simulation des weissen Lichtes für die Rechnung konnte die spektrale Verteilung mit nur 5 Stützstellen beschrieben werden; vielfach ist die Wellenlängenabstufung feiner zu wählen.

5. Quantitative Vergleiche zwischen Modulations-Übertragungsfunktion und Auflösung

Zurzeit werden vielfach noch Auflösungstests mit klassischen Methoden durchgeführt, doch werden MTF-Messungen in absehbarer Zeit eingeführt werden. Ein Vergleich zwischen den Messergebnissen der MTF und dem klassischen Auflösungsvermögen soll nun angestellt werden. Dazu sind wieder möglichst gleiche Messbedingungen, wie spektrale Verteilung der Lichtquelle, Einhaltung der identischen Bildebene, zu berücksichtigen; gleichzeitig ist die Reduzierung der subjektiven Messfehler notwendig. Auch muss die Kontrastwiedergabe des Speichermediums, z. B. der fotografischen Schicht, beachtet werden. Das bildseitige visuelle Auflösungsvermögen wird bis heute zur Feststellung der Qualität der Objektive benutzt. Es ist definiert als grösste Zahl von Strichen je Millimeter, die im entworfenen Bild gerade noch als getrennte Linien unterschieden werden können. Der Beobachter ist in der Kette ein Unsicherheitsfaktor; so ist die Auflösung des Auges abhängig von der Ortsfrequenz, dem Kontrast des Bildes sowie der Beleuchtungsstärke. Der Fehler, der durch die subjektive Beurteilung des Bildes durch den Beobachter auftritt, kann jedoch reduziert werden, wenn das fotografierte Bild (in unserem Fall (Dreibar-Testplatten) mit Hilfe eines Mikroskops beobachtet wird. Der Beobachter ändert sowohl die Vergrösserung als auch die Beleuchtung des Mikroskops, bis die optimalen reproduzierbaren Beobachtungsbedingungen erreicht sind.

Die Auflösung kann aber auch aus den MTF-Kurven gelesen werden, sofern ein minimaler Kontrast, eine Schwellwertkurve, eingeführt wird. Die Schwellwertkurve wurde von uns anhand eines Modells, unter Einbezug der Emulsion, festgelegt. Dabei wird vorausgesetzt, dass das vom Prüfling erzeugte Bild des Auflösungstests dem Auge jeweils unter den besten Bedingungen präsentiert wird, dies sowohl in bezug auf Beleuchtung als auch Strukturgrösse. Eine Zoom-Zwischenvergrösserungsoptik (Mikroskop) dient dem Beobachter als Hilfsmittel zur Beurteilung der abgebildeten Testfiguren. Die unter diesen Voraussetzungen ermittelte Schwellwertkurve gibt den minimal nötigen Kontrast, um ein Detail zu erkennen. Der Schnittpunkt der Schwellwert- mit der MTF-Kurve liefert die Auflösung. Gute Übereinstimmung konnte zwischen den Ergebnissen – resultierend aus MTF-Messungen und klassischen Auflösungstests – erreicht werden. Allerdings liefert die Auflösungsgrenze nur einen Punkt der MTF-Kurve. Die in Abbildung 10 eingeführte Schwellwertkurve SW basiert auf Agfapan-25-Emulsionen. Wird eine andere Emulsion verwendet, muss die Schwellwertkurve modifiziert werden. Abbildung 10 zeigt MTF-Kurven für simultiertes weisses Licht vom neuen Wild-Objektiv 21NAgII (f = 210, 1:4) für verschiedene Bildwinkel.

6. Einige Gedanken zu den Bildgütekriterien

Gütekriterien sind sowohl zur Auffindung der besten Bildebene als auch zum Vergleich der Qualität verschiedener optischer Systeme untereinander interessant. Praktisch brauchbare Bildgütekriterien erfordern aber eine Reduktion der anfallenden MTF-Daten auf ein Minimum. Linfoot (9) und Hertel (10) haben sich schon sehr früh mit Bildgütekriterien befasst. Diese konnten aber bis heute praktisch kaum angewendet werden.

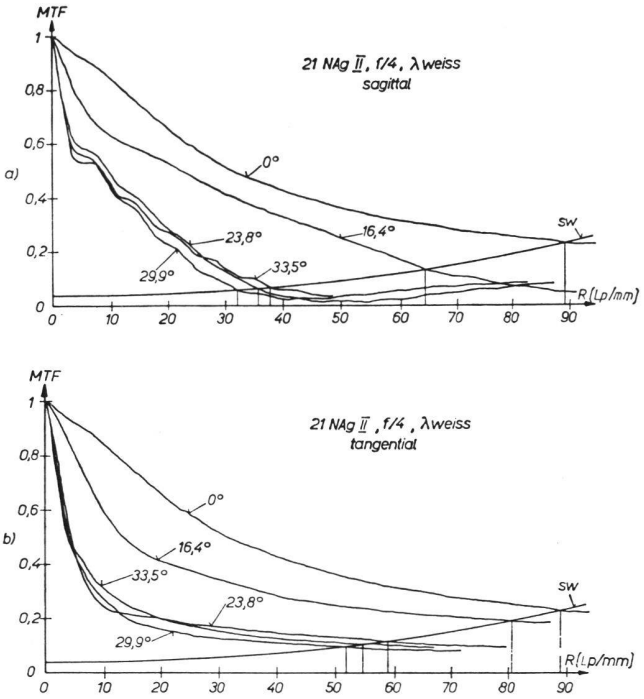

Abb. 10 MTF-Kurven des Objektivs 21NAgII, f/4, für weisses Licht und Schwellwert SW; Bildwinkel = 0°, 16.4°, 23.8°, 29.9° und 33.5°
a) sagittal
b) tangential

In der Photogrammetrie wird zur Beurteilung der Bildqualität zurzeit noch ein Mittelwert der Auflösung über das ganze Bildformat für die vorgegebene Bildebene bestimmt (AWAR, average weighted aerial resolution). Dabei wird die Auflösung für jeden Prüfwinkel mit der normierten Zonengrösse, in der sich der Bildpunkt befindet, multipliziert und über das Bildfeld summiert. Nur ein Wert der Auflösung, das geometrische Mittel aus tangentialer und sagittaler Auflösung für jeden Prüfwinkel, wird herangezogen.

Eine bedeutende Erweiterung erfährt das Verfahren, wenn anstelle der Auflösung die Fläche unter den MTF-Kurven herangezogen wird. Zum Vergleich verschiedener Objektive untereinander, oder beim Heranziehen der MTF als Gütemass zur Auffindung der besten Bildebene, wird allerdings die Anzahl der Kurven reduziert. Man könnte sogar so weit gehen, dass zur Beurteilung von optischen Systemen einige ausgewählte Frequenzen herangezogen werden.

Bei Bildgütekriterien stellen aber Benützer der Daten auch verschiedene Ansprüche. Handelt es sich um ein neues Objektiv, so sind die verschiedenen MTF-Kurven für den Optikrechner sehr aufschlussreich. Dazu sind viele Daten für verschiedene Blenden, Farben und Bildebenen interessant. Der Anwender dagegen möchte wenig Kurven, ja sogar nur Gütezahlen.

In einer kurzen Abhandlung (11) werden Gütekriterien mit Hilfe der MTF zur Auffindung der besten Bildebene vorgeschlagen, die auch zur Beurteilung verschiedener Objektive untereinander dienen können. Dabei sind drei Gesichtspunkte berücksichtigt:

1. Fläche unter der MTF-Kurve bis zum Schwellwert,
2. Regelmässigkeit in bezug auf tangentiale und sagittale MTF,
3. Regelmässigkeit über das ganze Bildfeld.

In diesem Bericht soll aber nicht auf die Problematik von Gütekriterien eingegangen werden. Der interessierte Leser findet einige Vorschläge zu diesem Thema in Referenz 11.

7. Bildqualitätsreduktion durch Umwelteinflüsse

Verschiedene Umwelteinflüsse reduzieren die Bildqualität – speziell bei den Luftaufnahmeobjektiven. Die Ursache schlechter Bilder darf deshalb nicht nur beim Objektiv gesucht werden. Die MTF gibt uns aber ein Mittel, den Einfluss der Umwelt auf die Bildqualität zu berücksichtigen. Die MTF des Gesamtsystems ist das Produkt der MTF der einzelnen Glieder der Abbildungskette (Linse, Emulsion, Bildverschmierung durch Bewegung oder atmosphärische Einflüsse). Einzelne Umwelteinflüsse, wie Bewegungsunschärfen, werden kurz diskutiert.

Es gibt verschiedene Arten der Bewegungsunschärfen:
i) lineare, gleichförmige Bewegung,
ii) harmonische Schwingung,
iii) zufälliger Bewegungsablauf, Turbulenz.

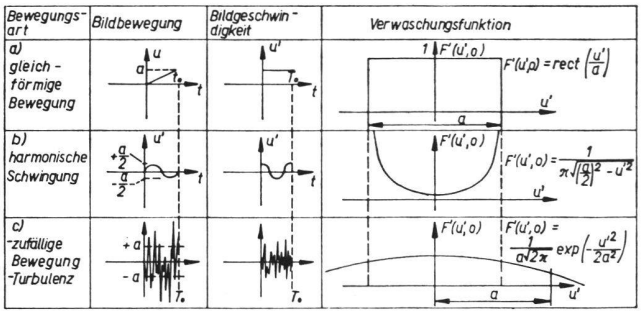

Abb. 11 Verwaschungsfunktion für verschiedene Umwelteinflüsse

In Abbildung 11 sind diese Arten der Bewegung zusammen mit der entsprechenden Verwaschungsfunktion skizziert. Die Bewegungen verbreitern die Punktfunktion des optischen Systems. Wie schon in Abschnitt 2 hervorgehoben wurde, ist die MTF der Bewegung aber die Fourier-Transformation der Verwaschungsfunktion.

7.1 Gleichförmige, lineare Bildbewegung

Die einfachste aber auch die wichtigste Bewegungsart ist die lineare, gleichförmige Bewegung. Während der Belichtungszeit T_0 bewegt sich der Bildpunkt um:

$$a = \frac{v T_0 f}{H} \qquad 5)$$

v = Geschwindigkeit des Flugzeuges

H = Flughöhe $\left(\frac{f}{H} = \text{Massstab}\right)$

f = Objektivbrennweite

Durch die Bewegung wird das Punktbild in Bewegungsrichtung verwaschen. Das einfachste Berechnungsmodell

ist in Abbildung 11 (a) skizziert. Für eine genauere Beschreibung müsste allerdings die endliche Öffnungs- und Schliesszeit des Verschlusses berücksichtigt werden. Dies bedingt aber lediglich eine Korrektur der MTF, die vielfach vernachlässigt werden kann (Abbildung 12). Die durch die Bewegung resultierende MTF ist die Fourier-Transformation der Verwaschungsfunktion der Breite a (Abbildung 11 (a)). Die Modulationsübertragungsfunktion der linearen Bewegung ist:

$$MTF_B = a \frac{\sin \pi R a}{\pi R' a} \qquad 6)$$

R = Ortsfrequenz (Lp/mm)
a = Bewegungsunschärfe

Typische Verschlusszeiten T_a bei einer Flugzeugkammer sind:

$1 \text{ ms} < T_a < 10 \text{ ms}$

Der Anstieg/Abfall des Verschlusses beträgt:

$0{,}15 \text{ ms} < T_{a_2} < 1{,}5 \text{ ms}$

Entsprechende MTF_B-Kurven sind in Abbildung 12 aufgezeichnet, und zwar für Bildbewegungen von 10 bzw. 30 μm. Auch ist die Korrekturkurve der MTF – bedingt durch Öffnen und Schliessen des Verschlusses – aufgetragen. Vergleichen wir die Kurven in Abbildung 12 mit dem Kurvensatz von Abbildung 10, so kann festgestellt werden, dass Bildbewegungen > 30 μm nicht zulässig sind bzw. die MTF der Linse wesentlich verschlechtern. Die resultierende MTF aus Linse (MTF_L) und Bildbewegung (MTF_B) ist das Produkt der MTF_L und MTF_B.

7.2 Vibrationen

Schwingungen bewirken ebenfalls eine Verschmierung des Punktbildes. Verschiedene Ursachen von Schwingungen können auftreten. Bei Vibrationen handelt es sich um keine gleichförmige Beleuchtung des Verwaschungsbildes. Auch müssen wir grundsätzlich zwei Fälle unterscheiden, nämlich eine Schwingung mit relativ grosser bzw. kleiner Frequenz verglichen mit der Belichtungszeit, die zwischen $^1/_{100}$ und $^1/_{1000}$ sec liegt.

Fall 1:

«Hochfrequenzschwingungen» (mindestens eine Schwingungsperiode während der Belichtungszeit). Für die

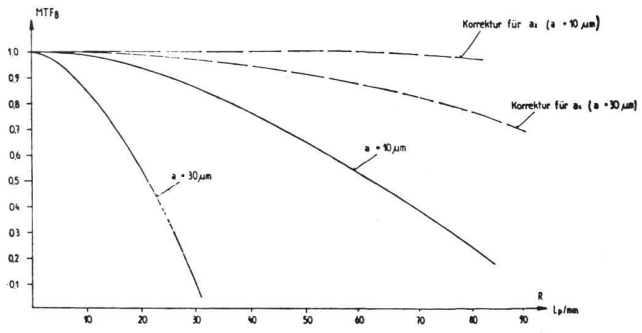

Abb. 12 MTF der durch Bildbewegung bedingten Bildverschmierung

Schwingungsfrequenz $\nu = \frac{1}{T_0}$ wird die Intensitätsverteilung (eindimensional, Abbildung 11 (b)):

$$F(u') = \frac{1}{\pi \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 - u'^2}}$$

Die Fourier-Transformation ergibt die Übertragungsfunktion bedingt durch die Vibration, nämlich:

$$MTF_V = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\pi \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 - u'^2}} \exp\left[-i2\pi R u'\right] du' \qquad 7)$$

$$MTF_V = J_0 (\pi a R')$$

J_0 = Bessel-Funktion nullter Ordnung und erster Art

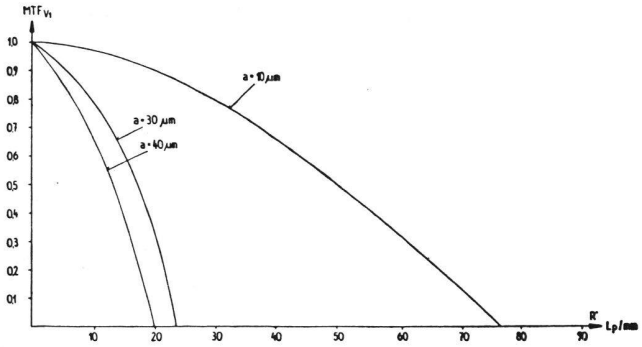

Abb. 13 MTF der durch Vibrationen bedingten Bildverschmierung $\left(\nu = \frac{1}{T_0}\right)$

In Abbildung 13 sind MTF_{V_1}-Kurven für a = 10, 30 und 40 μm aufgetragen, dabei ist:

$a = \omega \cdot f \cdot T_0$
ω = Winkelgeschwindigkeit

Beispiel:
für $MTF_{V_1} = o$ erhalten wir als Grenzfrequenz in der Bildebene:

$$R = \frac{0{,}77}{a}$$

für eine Schwingungsamplitude $\frac{a}{2} = 15$ μm wird die Grenzfrequenz:

R = 26 Lp/mm,

das heisst, dass Vibrationen mit $a > 30$ μm nicht zulässig sind. Bei f = 152 mm entspricht dies einer Winkelbewegung ωT_0 von $\pm 0{,}10$ mrad (harmonische Schwingung während Belichtung).

Fall 2:

«Niederfrequenzschwingungen» (Schwingungsfrequenz klein verglichen mit der Verschlusszeit).
Sind die Schwingungsfrequenzen ν klein, z. B. $10 < \nu < 100$ Hz (bei einer Verschlusszeit von $^1/_{500}$ sec), so kann näherungsweise mit dem Fall der gleichförmigen, linearen Bewegung gerechnet werden. Für eine Abschätzung der MTF kann geschrieben werden:

$$MTF_{V_2} = \frac{\sin \pi a_2 R}{\pi a_2 R} \qquad 8)$$

dabei ist:

$a_2 = f \cdot \omega \cdot T_o$

Typische Werte sind:

$0{,}01 < \omega < 0{,}03$ rad/sec

Die häufig auftretende Schwingungsfrequenz ν liegt zwischen 10 und 100 Hz.

Beispiel:

ω = 0,03 rad/sec
f = 210 mm
$T_o = {}^1/_{500}$ sec
a_2 = 12,6 μm, MTF_{V_2} bei 30 Lp/mm = 0,78

Die Versuchsergebnisse von Welch (13) zeigen ebenfalls, dass Vibrationen vielfach nicht den bedeutendsten Einfluss auf die Bildqualität haben. Genauere Angaben über den Einfluss von «Niederfrequenzschwingungen» auf die optische Übertragungsfunktion sind in dem Artikel von Shack zu finden (14).

7.3 Atmosphärische Einflüsse

Bei Flugaufnahmen hat das Luftlicht, welches den Kontrast des Objektes reduziert, einen wesentlichen Einfluss auf die Bildqualität. Die atmosphärische Turbulenz ist von Bedeutung bei sehr grossen Brennweiten oder bei tiefen Flügen mit grosser Geschwindigkeit – Hufnagel, 1965 (15). Weitere Einflüsse wie Absorption und Brechung durch Atmosphäre sind zu beachten.

– *Luftlicht (Haze)*

Der Einfluss der Atmosphäre auf den Objektkontrast kann unabhängig von der Ortsfrequenz beschrieben werden. Der Leuchtdichte des Objektes, welche durch die Transmission durch die Atmosphäre reduziert wird, überlagert sich diejenige des Streulichtes. Die daraus resultierende Objektmodulation ergibt sich:

$$MTF_s = \frac{L_{o_{max}} - L_{o_{min}}}{L_{o_{max}} + L_{o_{min}} + \frac{2Ls}{T_a}} \qquad 9)$$

$L_{o_{max}}$ = max. Leuchtdichte des Objektes
$L_{o_{min}}$ = min. Leuchtdichte des Objektes
L_s = Leuchtdichte des Streulichtes
T_a = Transmission der Atmosphäre

Als Mittelwert der atmosphärischen Transmission kann $T_a \approx 0{,}75$ nach Welch (13) angenommen werden. Die Leuchtdichte der Atmosphäre nimmt mit zunehmender Flughöhe zu. In Referenz (13) sind Zahlenwerte für Leuchtdichten sowie die atmosphärische Leuchtdichte für zwei Flüge als Funktion der Flughöhe aufgetragen.

– *Einfluss der atmosphärischen Turbulenz*

Die atmosphärische Turbulenz nimmt mit der Flughöhe zu bis zu einer Höhe von 10 000 m. Für grössere Flughöhen nimmt der Einfluss asymptotisch ab.
Über den Einfluss der Turbulenz auf die optische Übertragungskette gibt es zurzeit noch wenig Literatur. Die Arbeit von Hufnagel (15) beschreibt die MTF der Turbulenz. Dabei ist als Modell eine zufällige durch Turbulenz bedingte Verteilung der Wellenfrontvariation angenommen. In Abbildung 11c ist dies veranschaulicht. Daraus errechnet sich die MTF_T als Fourier-Transformation, nämlich:

$$MTF_T(R) = \exp\left[-2\left(\pi\,\sigma \cdot \frac{f}{H} \cdot R\right)^2\right] \qquad 10)$$

Die Formel gilt allerdings nur in Flughöhen von 10 000 m und höher.

σ = Sichtweitenfaktor (rad/m Flughöhe)
f = Brennweite des Objektives (mm)
H = Flughöhe (m)
R = Ortsfrequenz Lp/mm

σ der Sichtweitenfaktor variiert zwischen 0,15 und 0,9 rad/m Flughöhe für gute bzw. schlechte Sichtverhältnisse. Für Flughöhen kleiner als 10 000 m ist σ kleiner zu wählen. Die atmosphärische Turbulenz kann aber meistens vernachlässigt werden.

8. Schlussfolgerung

Die OTF, speziell aber die MTF, werden sicher immer mehr angewendet werden. Vermehrt wird noch bessere Bildqualität erwartet, besonders bei Bildflügen in grossen Flughöhen. Zusätzliche Anstrengungen dürften auch noch unternommen werden, um die Umwelteinflüsse besser berücksichtigen zu können. Es scheint nicht wirtschaftlich zu sein, vom Linsenhersteller höchst gezüchtete Objektive zu verlangen, wenn das Endprodukt, nämlich das Bild, durch Umwelteinflüsse eine verminderte Qualität aufweist. Für die Zukunft dürften sich Gütekriterien, die sich auf MTF abstützen, immer mehr durchsetzen.

Literatur

(1) C. L. Norton: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing XLI, 1975, pp. 203–216: Optical and Modulation Transfer Functions.
(2) G. C. Brock: A. C. Marchant, T. L. W. Williams, Optica Acta 19, 1972, pp. 953–972: OTF Standards for Aerial Mapping Lenses.
(3) Y. Matsui; K. Murata: Optica Acta 18, 1971, pp. 149–163: Comparison Test of Several OTF Measuring Equipments.
(4) P. Kuttner: Optica Acta 22, 1975, pp. 265–275: Interlaboratory Comparisons of MTF Measurements.
(5) DIN 58185, Optische Übertragungsfunktion, Beuth-Vertrieb, Berlin 30, Blatt 1–4.
(6) British Standards BS 4779, Recommendations for the Measurement of Optical Transfer, British Standards Institution, London, 1971.

(7) K. Murata: Progress in Optics, Vol. V, ed. E. Wolf, North-Holland Publ. Co., Amsterdam, 1966, pp. 199–245.
(8) B. H. Beyeler; H. Tiziani: Optik 44, 1976, Seite 317–328: Die optische Übertragungsfunktion von dezentrierten optischen Systemen.
(9) E. H. Linfoot: Qualitätsbewertung optischer Bilder, Fried. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1960.
(10) J. Hertel: Mitteilungen und Berichte des optischen Instituts der TU, Berlin 7, 1963.
(11) H. Tiziani: The Use of Optical Transfer Function for Assessing the Quality of Optical Systems (Pres. Paper, Commission I), XIII. International Congress for Photogrammetry, Helsinki 1976.
(12) R. M. Scott: Phot. Sc. Eng. 3, 1959, pp. 201–209: Contrast Rendition a Design Tool.
(13) R. Welch; J. Halliday: Imaging Characteristics of Photometric Camera Systems (Pres. Paper, Commission I), XII. International Congress for Photogrammetry, Ottawa 1972.
(14) R. V. Shack: Applied Optics 3, 1964, pp. 1171–1181: The Influence of Image Motion and Shutter Operation on the Photographic Transfer Function.
(15) R. E. Hufnagel: Phot. Sc. Eng. 9, 1965, pp. 244–247: Random Wave-front Effects.

Adresse des Verfassers: Dr. H. Tiziani, Wild Heerbrugg AG, 9435 Heerbrugg

---

Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik (SVVK)

In eigener Sache

An die Abonnenten der Zeitschrift des SVVK, der SGP und der FKV-SIA

Wie Sie vielleicht bemerkt haben, ist die Zeitschrift «Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik» nach einem neuen System adressiert worden.
Der gesamte Adressenbestand der an der Zeitschrift beteiligten Vereine wurde auf EDV übernommen und wird laufend vom *Bürozentrum für Gelähmte in Reinach BL* nachgeführt.
Bisher wurde jede Mitgliedadresse an mindestens drei Orten, nämlich bei der Zeitschrift, beim Vereinskassier und beim Sekretär geführt, ganz abgesehen von den Mehrfachmitgliedschaften. Dies hat neben einem erheblichen administrativen Aufwand immer wieder zu Unzulänglichkeiten verschiedenster Art geführt.
Wir bitten Sie, bei dieser Gelegenheit Ihre Anschrift zu überprüfen und bei *Unstimmigkeiten* oder bei *Adressänderungen* die beigelegte *Meldekarte* auszufüllen und einzusenden.
Für Verzögerungen bei der Zustellung infolge Übernahmefehlern bitten wir Sie höflich um Entschuldigung.

Der Zentralsekretär SVVK:
W. Messmer

Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

En matière propre

Aux abonnés du journal de la SSMAF, de la SSP et du GRG-SIA

Comme vous l'avez certainement remarqué nous avons changé le système d'adresse de notre journal «Mensuration, Photogrammétrie, Génie Rural».
Le lot complet des adresses des associations qui en font partie a été transmis en informatique et c'est le centre des *bureaux de paralysés à Reinach BL* qui s'occupe de la tenue à jour.
Auparavant, les adresses de chaque membre étaient enregistrées au moins à trois endroits différents, à savoir chez l'éditeur, chez le caissier et chez le secrétaire, sans tenir compte des diverses qualités de membre. Ceci demandait des frais administratifs non négligeables et des erreurs de toutes sortes s'y glissaient à tous moments.
Nous vous prions de contrôler les adresses et au cas où se seraient glissées quelques erreurs ou s'il y a eu changement d'adresse nous vous prions de remplir et de nous retourner la carte d'inscription ci-jointe.
Nous vous prions de bien vouloir nous excuser du retard dans la distribution qui pourrait résulter de ces changements.

Le secrétaire général de la SSMAF:
W. Messmer

Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie (SGP)

Einladung zur 50. Hauptversammlung in Zürich

Samstag, 7. Mai 1977, 10.30, ETH-Hönggerberg, HIL D 53, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (Parkplätze: Tiefgarage Bauwesen; öffentliche Transportmittel: von SBB Zürich HB Tram 11 Richtung Oerlikon bis Bucheggplatz, dann Bus 69 bis ETH-Hönggerberg)

Société suisse de photogrammétrie (SSP)

Convocation à la 50e Assemblée générale à Zurich

le samedi 7 mai 1977 à 10 h 30 à l'EPF-Hönggerberg, HIL D 53, Institut de géodesie et photogrammétrie (Parking: Hall en dessous du bâtiment HIL, prendre la direction «Bauwesen»; Transport public: de la Gare principale des CFF tram 11 en direction d'Oerlikon jusqu'à Bucheggplatz, ensuite bus 69 jusqu'à ETH-Hönggerberg)