

Paper-ID: VGI_196821



Photogrammetrie mit Infrarot und Farbenemulsionen

Franz Ackerl ¹

¹ *Hochschule für Bodenkultur, 1190 Wien, Peter-Jordan-Straße 82*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **56** (5, 6), S. 161–167, 193–200

1968

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Ackerl_VGI_196821,  
Title = {Photogrammetrie mit Infrarot und Farbenemulsionen},  
Author = {Ackerl, Franz},  
Journal = {{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {161--167, 193--200},  
Number = {5, 6},  
Year = {1968},  
Volume = {56}  
}
```



ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Herausgegeben vom
ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppen f. Vermessungswesen),
der österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und
der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

REDAKTION:

emer. o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. H. Rohrer,
o. Prof. Hofrat Dr. phil. Dr. techn. e. h. K. Ledersteger und
Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter

Nr. 5

Baden bei Wien, Ende Oktober 1968

56. Jg.

Photogrammetrie mit Infrarot- und Farbenemulsionen

Von *Franz Ackerl*, Wien

Man kann gewiß die Frage stellen, ob es denn überhaupt notwendig sei, von Infrarot-Photogrammetrie zu sprechen oder von Photogrammetrie mit Benutzung von Farbenemulsionen.

Auf jeden Fall wird durch die Betonung des Wortes Photogrammetrie zum Ausdruck gebracht, daß es sich nicht um die Herstellung von Aufnahmen für die Lösung von Aufgaben handelt, die man als Interpretation des Bildinhaltes bezeichnet, sondern um echte Meßbilder, deren Inhalt einer genauen Messung zugeführt werden soll.

Voraussichtlich erstmalig gebraucht *O. Lacmann* die Bezeichnungen „Infrarot-photogrammetrie“ und „Farbmeßbilder“ in seinem Werk (1) über die Anwendung photogrammetrischer Methoden bei der Bearbeitung von Aufgaben, die nicht dem Bereich der Topographie angehören. Im Hinblick auf die mögliche und recht ansprechende Einteilung des Gesamtgebietes Photographie bzw. Photogrammetrie, je nach der Entstehung des Meßbildes aus sichtbarer oder unsichtbarer Strahlung, ist die Bezeichnung Schwarzweiß-Photographie oder Farbenphotographie ebenso eindeutig und verständlich wie etwa Röntgen-, bzw. Ultraviolett-, bzw. Infrarot-Photographie. Hat man nicht nur Bilder zur Betrachtung oder zur Durchforschung vor sich, sondern *Meßbilder* zur zahlenmäßigen Auswertung und Ausmessung nach Begriffen der Photogrammetrie, so darf wohl die eingangs gestellte Frage bejaht werden. Es ist ebenso berechtigt von Infrarot-Photogrammetrie und Farbbild-Photogrammetrie zu sprechen, so gewiß, wie gegen die Bezeichnung Röntgen-Photogrammetrie kein Einwand zu erheben ist.

Noch vor neun Jahren enthielt die Druckschrift ZA.400 von ZEISS-AEROTOPOGRAPH die Bemerkung „Zusätze für Infrarot-Aufnahmen sind auf Wunsch

(1) *Lacmann, O.*: Die Photogrammetrie in ihrer Anwendung auf nicht topographischen Gebieten, Leipzig, S. Hirzel 1950.

lieferbar“ mit Geltung für die Normal- oder Weitwinkel-Reihenmeßkammern. In der Druckschrift ZA 420 wird bekanntgegeben (S. 3), daß aus der ab 1956 verfügbaren RMK 15/23, die mit dem Weitwinkelobjektiv PLEOGON 1:5,6 ($f = 153\text{mm}$) ausgestattet war, die RMK A 15/23 mit dem Weitwinkel-Hochleistungsobjektiv ZEISS-PLEOGON entstand, dessen besondere chromatische Korrektur bemerkenswerte Vorteile für die Luftbildtechnik“ bietet, nämlich:

„Bei Verwendung infrarotempfindlicher Emulsionen tritt eine Verlagerung der Bildebene praktisch nicht mehr ein. Es können deshalb mit der RMK A 15/23 Infrarotaufnahmen ohne optische Zusätze, d. h. mit dem serienmäßigen Objektiv, hergestellt werden.“ (S. 3)

„Optischer Zusatz oder Zwischenröhmchen nicht erforderlich“. (S. 4)

„Da beim Übergang auf infrarotempfindliche Emulsionen (650–850 nm) durch die besondere Farbkorrektur eine Verlagerung der Bildebene praktisch nicht mehr eintritt, können mit dem normalen Serienobjektiv ohne besondere Zusatzoptik Infrarotaufnahmen gemacht werden.“ (S. 6)

In der Druckschrift ZEISS-AEROTOPOGRAPH ZA 461 aus dem Jahre 1964 wird die Bedeutung der A-Charakteristik dargestellt und auf S. 7 darauf hingewiesen, daß seit 1961 „die Luftbildkammern für die Benutzung von Pan-, Infra- oder Colorfilm nicht mehr wie früher durch optische Zusätze oder gar Objektivwechsel verändert werden müssen“.

Eine Sichtung der Prospekt-Literatur läßt erkennen, daß bei allen Erzeugern von Luftbild-Meßkammern ähnliche Verhältnisse bestanden, wie etwa auch — um noch ein Beispiel zu nennen — bei der WILD-HEERBRUGG A. G., deren Luftbild-Meßkammern für die Verwendung von ortho- oder panchromatischen Emulsionen mit den Objektiven AVIOTAR und AVIOGON ausgerüstet waren. Die gleiche Meßkammer wurde erst durch die Wechselobjektive INFRATAR und INFRAGON für Aufnahmen mit Benutzung von Infrarot-Emulsionen in derselben Bildebene brauchbar.

Es ist also grundsätzlich festzuhalten, daß sich die Auswertung von mit infraroter Strahlung erzeugten Meßbildern in keiner Art von jenen Auswertungsverfahren unterscheidet, die gewöhnliche, d. h. mit sichtbarem Licht erzeugte Meßbilder benutzen. Beachtet man jedoch, daß — von seiten der Infrarot-*Photographie* her — einige physikalisch bedeutsame Gegebenheiten auch die *Geometrie* der Bildentstehung beeinflussen oder beeinflussen können, dann ist eine Untersuchung der bestehenden Zusammenhänge als Fundament für den Bestand einer Infrarot-Photogrammetrie anzusehen. Die hier auftretenden Probleme lassen sich etwa im Rahmen der folgenden Feststellungen bzw. Fragen gliedern und behandeln.

1) Es ist erwiesen, daß eine Meßkammer, die primär mit einem Objektiv I für ortho- bzw. panchromatische Emulsion versehen ist, auch Infrarotmeßbilder bester Qualität liefert, wenn diese von einem Wechselobjektiv II, das auch für infrarote Strahlung optisch korrigiert ist, in der unveränderlich festen Bildebene der Meßkammer (Kammerkonstante $C_I \equiv C_{II}$) erzeugt werden.

2) Sobald 1) zutrifft, gibt es keine Sonderprobleme einer Infrarot-Photogrammetrie, sondern höchstens Probleme über Interpretations- und Auswertungszusammenhänge.

Im Hinblick auf die Vorherrschaft der Luftbildmessung im Gesamtbereich der Bildmessung ist man unwillkürlich veranlaßt, die Erdbildmessung auf einen weitab liegenden Platz zu rücken. Gewiß zu Unrecht, weil schon sehr frühzeitig, noch vor dem Eintritt des Vorherrschens der Luftbildmessung, sehr viele Untersuchungen über die mögliche Bedeutung der Infrarot- und Farbenphotographie für Meßzwecke vorerst durchaus im Bereich der Erdphotogrammetrie stattfanden. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse förderten die Erkenntnis jener Grundlagen, die von der physikalisch-optischen Seite her, bzw. von instrumental-mechanischen Belangen beeinflußt, die allmähliche Entwicklung entsprechender Emulsionen und Meßkammern für Zwecke der Luftbildmessung ermöglichten.

Der auf jedem Gebiet der Technik eingetretene und andauernde, immer rascher werdende Fortschritt benützt sehr häufig längst bekanntes und erforschtes Wissen, vor allem aus dem Gesamtbereich der Physik und der Chemie. Oft ist es ein Zufall, der schließlich das Brachliegen eines solchen Ergebnisses unterbricht und mit der Einfügung in ein technisches Verfahren große Erfolge in praktischer Hinsicht zeitigt. Es ist u. U. recht schwierig festzustellen, wann ein bestimmter derartiger Fall eingetreten ist. Als Beispiel kann sehr wohl die Frage dienen, wann Infrarot-Emulsionen im Bereich der Photogrammetrie erstmalig benutzt wurden, bzw. wann der häufigere Gebrauch sich einbürgerte und schließlich, ob dieser Gebrauch für photogrammetrische Zwecke von Bedeutung ist.

Obwohl die physikalischen Eigenschaften der infraroten Strahlung — im Anschluß an die des sichtbaren Spektrums — sehr frühzeitig entdeckt und dargestellt wurden (2), verging fast ein Jahrhundert, bis diese erforschten und bekannten, aber fast wieder in Vergessenheit geratenen Grundlagen im Zusammenhang mit den noch kleineren Frequenzen der benachbart anschließenden Wärmestrahlung neuerlich zur Veröffentlichung kamen. Das Wissen um die infrarote Strahlung blieb — auch nach der Entdeckung der Photographie — zumeist auf das Studium der Wärmestrahlung beschränkt und die Beobachtungen im infraroten Teil des Spektrums benützten wohl schon gelegentlich die Photographie (3), oft aber auch noch Thermometer (4) in der Anordnung, wie sie Sir *William Herschel* bei seiner Entdeckung der Infrarot-Strahlung und bei deren weiterem Studium verwendete. Die sehr wenigen Veröffentlichungen über Infrarot-Strahlung bis zur Jahrhundertwende lassen rein wissenschaftliches Interesse — vor allem der Physiker — erkennen (5). Anwendungen für praktische technische Zwecke gab es keine.

Auch während des Ersten Weltkrieges hatte man die große Bedeutung der Infrarot-Photographie *noch nicht* erkannt.

Wenn man bedenkt, daß der Erste Weltkrieg in einem besonderen Ausmaß die Entwicklung der Bildmessung förderte, so muß es überraschen, daß vom Gebrauch infrarotempfindlicher Emulsionen, trotz der damals schon bekannten wertvollen

(2) *Herschel, W.*, Philosophical Transactions, 1800.

(3) *Abney, W.*, Photographic Journal, 1881

(4) *Tyndall, J.*, Heat, London, Longmans, 1890.

(5) *Millockau, G.*, Sur la Photographie du spectre infrarouge Comptes rendues, Paris 1906.

Ritz, W., Sur la Photographie du spectre infrarouge Comptes rendues, Paris 1906.

Eigenschaften, für militärische Zwecke nur versuchsweise Gebrauch gemacht wurde.

Oberstleutnant *Boelke* (6) schildert 1926 den damaligen Stand des Luftbildwesens, unter Rückgriff auf die Zeit am Ende des Ersten Weltkrieges in einer so treffenden und zugleich launisch-ironischen Art, daß es interessant ist, einen Teil dieses Berichtes hier wörtlich wiederzugeben.

„Sehen wir einmal von älteren, tastenden Versuchen (z. B. denen Scheimpflugs) ab, dann war das Luftbild anfangs ausschließlich ein Kriegskind und Kriegsmittel. Sein Erkundungs- und Kriegskarten-Wert standen unbestreitbar auf außerordentlicher Höhe. Allein sofort regte sich der Widerspruch der Vermessungsleute alter Schule, denen das neugeborene Wesen etwas zu luftig, oder besser gesagt zu „windig“, vorkam. Sie bestritten leidenschaftlich, daß es für die Zwecke der Kartographie des kommenden Friedens wesentliches leisten könne. Aber auch der Wert als *Erkundungsmittel* nahm rasch ab. Es ist ein, anscheinend ewiges Gesetz, daß jedes Kriegsmittel schließlich ein Gegenmittel findet. So tobt seit Berthold Schwarz ein unentschiedener Kampf zwischen dem Feuerrohr und der Befestigungskunst. Das Serum gegen das Luftbild hieß „Camouflage“, wir nennen es heute mit einem schönen deutschen, von „Tarnkappe“ abgeleiteten Worte „*Tarnung*“. Man verkleidete die militärischen Anlagen aller Art so geschickt und prüfte den Erfolg durch eigene Flieger so gründlich nach, daß der feindliche Erkundungs-Flieger nur ganz nichtsagende Bildplatten heimbrachte. Ja man tat noch mehr: Mit einer geradezu innigen Schadenfreude legte man verschmutzte Luftbild-Fallen im Gelände an, welche dem auswertenden feindlichen Fotogrammeter märchenhafte Maßnahmen vorgaukelten; in Wahrheit war alles nur blauer Dunst. Bei Kriegsende war die „Konjunktur“ dem Luftbild recht abträglich geworden.“

Die Durchforschung der den Infrarot-Teil des Spektrums betreffenden Fachliteratur zeigt, daß in der Zeit von 1920—1930 nur 106 Arbeiten veröffentlicht waren. Neben solchen rein physikalisch-wissenschaftlichen Charakters, beschäftigen sich die meisten mit dem Phänomen der Durchdringung von Dunst und Nebel, den noch ungeklärten Zusammenhängen über die Rückstrahlung verschiedener Materialien, im besonderen des Chlorophylls, oder das Verhalten von Stoff-Farben, der Zellgewebe des menschlichen Körpers usw.

Ab 1930 wächst die Zahl der Monographien vorerst nur zu wissenschaftlichen Ergebnissen und verhältnismäßig zaghaft erscheinen Veröffentlichungen zur Benutzung der Infrarot-Strahlung für technische Zwecke, wobei gewiß zu beachten ist, daß alle jene Untersuchungen über die mögliche Anwendung für militärisch-kriegstechnische Zwecke, nämlich zur Auffindung von Tarnungen nicht veröffentlicht wurden. Während der Band VII des Internationalen Archivs für Photogrammetrie zum Kongreß 1930 (Zürich) auch im Referat der „Kommission für Filme und Platten“ noch nichts erwähnt, werden im Band VIII/1, betreffend den Kongreß 1934 (Paris) einige Eigenschaften der Infrarot-Strahlen geschildert und mögliche Anwendungen der Infrarot-Photographie dargestellt, z. B. für die Festlegung von

(6) *Boelke, S.*, Entwicklung und heutiger Stand des Luftbildwesens, Allg. Verm. Nachrichten, Liebenwerda, Reiss, 1926.

Flugbahnen aus erdfesten Stationen (7). Die folgende wörtlich wiedergegebene Erläuterung im Bericht der Kommission 4 (Internationales Archiv für Photogrammetrie, Bd. VIII/1, S. 222) kann andeuten, daß das Wissen weiter Kreise über das Wesen der Infrarot-Strahlung ein recht flaches war und in sehr schulmäßiger Art erweitert werden mußte.

„Hält man durch Lichtfilter das vorwiegend kurzwellige, vom wolkenlosen Himmel ausgestrahlte Licht zurück, so wirken auf die Schicht nur die langwelligen, vom Flugzeug reflektierten Strahlen des Sonnenlichtes. Hiedurch wird es möglich, eine große Anzahl von Aufnahmen des Flugzeuges auf ein- u. dieselbe Platte zu machen, die dann einem einfachen Auswerteverfahren unterzogen werden kann.“

Während in der Literatur bis 1930 noch nie die Infrarot-Photographie mit Meßzwecken (Photogrammetrie) in Verbindung gebracht worden war, befaßte sich ein im April 1929 von der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie veranstalteter Vortrag von *F. Leiber* „Die Farbe in der Photographie unter Berücksichtigung der *Photogrammetrie*“ (8) mit den viel schwierigeren Problemen der Farbphotographie.

Ihre Grundlagen sind in jenem Vortrag wohl erstmalig einem Kreis von Fachleuten mit geodätisch-photogrammetrischer Bildung dargestellt worden. Leider endete der Umfang der Versuche (Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Adlershof) vor dem Beginn des Infrarot. Als Kritik der Ergebnisse von Aufnahmen mit den Grundfarben-Filtern auf einer Pan-Emulsion findet man schließlich die folgende, im damaligen Zeitpunkt eigentlich selbstverständliche Zusammenfassung: „Die gezeigten Aufnahmen erwiesen, daß es in vielen Fällen nicht entschieden werden kann, ob der Wirkung der grünen oder roten Strahlen der Vorzug zu geben ist, wenn auch in den meisten Fällen das mit roten Strahlen aufgenommene Bild das deutlichere war.“

Diesem Überblick zur Monographien-Literatur über infrarote Strahlung bis um 1930 sollen noch einige Bemerkungen über den Niederschlag der verfügbaren Forschungs- und Anwendungsergebnisse in *Büchern* folgen. Die damals hochgeschätzten Standardwerke zur Photogrammetrie von *O. v. Gruber* (9), *R. Hegershoff* (10), *Jordan-Eggert* (11) bringen noch keine Angaben, denn erst um 1933 gab es im Bereich der Luftbildmessung eine Arbeit (12), die auf die bereits bestehenden Kenntnisse und Verwendungsmöglichkeiten hinwies, deren allmähliche Erfassung eine Flut von Veröffentlichungen auslöste. Eine Kartei einschlägiger Monographien in deutscher, englischer, französischer und italienischer Sprache umfaßte am Beginn des Jahres 1936 rund 700 Nummern und überschritt die Anzahl 1000 Ende 1937.

(7) *Lacmann, O.*, a. a. O. (1), S. 202.

(8) *Leiber, F.*, in *Bildmessung und Luftbildwesen*, Liebenwerda, Reiss, 1929, S. 103 und S. 137 bis 143.

(9) *Gruber, O. v.*, Ferienkurs in Photogrammetrie, Stuttgart, 1930.

(10) *Hegershoff, R.*, *Photogrammetrie und Luftbildwesen*, Wien Springer 1930

(11) *Jordan, W.* — *Eggert, O.*, *Handbuch der Vermessungskunde*, Stuttgart, Metzler 1933.

(12) *Neubauer, J.*, *Aufnahmen mit infrarotem Licht, Luftbild und Luftbildmessung*, Nr. 8, Hansa Luftbild, G.M.B.H., Berlin 1933.

In der 1936 erschienenen ersten Auflage des derzeit mit der 6. Auflage vorliegenden Buches von *Schwidersky* (13) finden wir die folgende Darstellung.

„Die Anwendung von Infrarot-Emulsionen, die wegen ihrer Dunst durchdringenden Eigenschaften und der Möglichkeit überraschende Kontraste zu liefern (Aufdeckung militärischer Tarnungen) vielfach hohe Bedeutung erlangt hat, scheidet in der Luftbildmessung vorläufig an der notwendigen 20–25fachen Verlängerung der Belichtungszeit.“

In keinem anderen Buch ist der Wissenschaftsfortschritt im Bereich der Verwendung von Infrarot- bzw. Farbbildern, wenn auch kurz gefaßt, so klar zu erkennen, wie in den einander raschfolgenden Auflagen dieses Buches.

Im Rahmen einer beratenden Tätigkeit bei der Firma *Neuhöfer und Sohn A. G.* für geodätische Instrumente und Feinmechanik ergab sich eine enge Verbindung mit dem Technischen Militärkomitee des österreichischen Bundesheeres und eine wachsende Vertrautheit mit den Photographie- und Photogrammetrie-Problemen im Bereich von militärischen Aufgaben. Da die Objektive der vorhandenen Meßkammern damals natürlich noch nicht für die Aufnahme infraroter Strahlung korrigiert waren, bestand die Notwendigkeit, alle Erfordernisse für solche Aufnahmen zu untersuchen und zu erproben. Wesentlich auf Grundlage der von Prof. *Jäger* an der Universität Wien gehaltenen Vorlesungen zum Kapitel „Licht und Wärme“ entstandenen Entwicklungen, die nun seit 1956 bzw. 1962 in den hervorragenden Werken von *Flügge* (14) enthalten sind.

Eine besondere Aufgabe stellte 1935 der damalige Kommandeur der Schießschule des österreichischen Bundesheeres, Oberst *Wendling*, mit dem Verlangen nach einer Ausrüstung und einem Verfahren zur Erkennung — und womöglich auch zur Vermessung — von einzelnen Kampfanlagen auf große Entfernung, wozu eine alte, vielleicht im 1. Weltkrieg benützte, aber nun als unbrauchbar bezeichnete Fernkammer mit einem Objektiv von 3 m Brennweite zur Verfügung gestellt wurde.

Vor Beginn der Überlegungen zum Bau einer neuen Fernkammer bot indessen diese alte Fernkammer die besten Möglichkeiten zum Studium ihrer Verwendbarkeit für die Belichtung infrarot-empfindlicher Platten. Der feste Anlegerahmen verlangte die Herstellung einer zusätzlichen Anlegeplatte, deren Dimension vorerst nach den in der Literatur vorgeschlagenen Angaben geschätzt wurde. Die folgenden Aufnahmen waren dann so geplant, wie man dies auch heute noch bei Verwendung eines feststehenden, für Infrarot nicht korrigierten Objektivs machen müßte, nämlich allmähliche Vergrößerung des Plattenabstandes durch genau gearbeitete *Anlegeleisten* und Durchmusterung der Negative für aufeinanderfolgende Leistenstärken, bis jene Leistendimension gefunden ist, bei der die Bildgüte den Bestwert erreicht hat.

Führt man dies für mindestens zwei Dingweiten durch, so ist durch Optikrechnung aus den zwei ermittelten Bildweiten für Infrarot die Bildweiten-Funktion bestimmbar und entweder graphisch darzustellen oder als Tabelle festzuhalten.

(13) *Schwidersky, K.*, Einführung in die Luft- und Erdbildmessung, Leipzig-Berlin, Teubner, 1936. Grundriß der Photogrammetrie, 6. Aufl. Stuttg. Teubner, 1963.

(14) *Flügge, J.*, Leitfaden der geometrischen Optik und des Optikrechnens, Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht, 1956. Praxis der geometrischen Optik, Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht, 1962.

Noch einfacher ist es, zusammengehörige Werte von Dingweiten und Leistenstärken zu tabellieren, wobei es praktisch ausreicht, die Leistenstärken in Halbmillimeter-Stufen zu ändern. Dann wird für Zwischenwerte der Dingweiten zu entscheiden sein, welche Leiste zu wählen ist, da nur bei zugeordneten Dingweiten und Leisten die Scharfabbildung mit dem in die Optikrechnung eingeführten größten Durchmesser des Bildscheibchens erfolgt.

Die Erkenntnis, daß bei neuen Meßkammern dieses Leisten-Verfahren kein praktisch taugliches, insbesondere kein für militärische Zwecke verwendbares ist, führt auf die folgenden sich darbietenden Wege.

1) Die Einrichtung einer Objektivverschiebung,

2) die Einschaltung eines Fokussier-Negativsystems zwischen Objektiv und der dann in beiden Fällen festliegenden Bildebene. Der damals auferlegte Zeitdrang führte zur Wahl des ersten Weges und es wurde bei der *Neuhöfer & Sohm A. G.* eine Fernkammer hergestellt, deren von mir berechnetes Objektiv mit 2m-Brennweite bis einschließlich 950 nm farbkorrigiert war. Es ermöglichte ohne mechanisch-optische Maßnahmen die Belichtung von Infrarot-Platten zu scharfgezeichneten Bildern 13 x 18 cm², wenn die Aufnahme-Distanz 3 km \pm 200 m betrug. Für davon abweichende Gegenstandweiten wurde das Objektiv durch Mikrometertrieb aus der Grundrast-Stellung in die entsprechende Bildweite gebracht.

Es soll an dieser Stelle auf die optischen Grundlagen nicht eingegangen werden, weil diese in großer Vollständigkeit in einem Vortrag dargestellt wurden, der in Dresden im Rahmen der Polytechnischen Tagung 1958 stattfand und dessen Inhalt mit allen Entwicklungen zur Entstehung des Infrarot-Bildes und seiner geometrischen Eigenschaften veröffentlicht ist. (15) Bei jeder älteren terrestrischen Meßkammer — auch Fernkammer — wird a priori angenommen, daß das Meßobjektiv ohne *Verzeichnung* abbildet oder höchstens mit einer bei der üblichen mechanisch-zeichnerischen Auswertung von Meßbild-Paaren, vernachlässigbaren Störung der winkeltreuen Abbildung. Handelt es sich aber um die volle Ausnutzung der in einem Meßbild dargebotenen Informationen, die an und für sich schon durch physikalische Eigenschaften der Emulsion und ihre folgende Behandlung begrenzt sind, dann müssen jedenfalls alle jene von der Optik herrührenden Einflüsse berücksichtigt werden, die den vorgenannten Begrenzungen gleichkommen oder sie u. U. auch überschreiten. (Schluß folgt)

(15) *Ackerl, F.*, Infrarot-Photogrammetrie, Wissenschaftliche Zeitschrift der TH Dresden, 8 (1958/59).

Die praktische Auswirkung des Neigungsrechners zum Terragraphen von C. Zeiss in der Denkmalvermessung

Von *Hans Foramitti*, Bundesdenkmalamt Wien

Die Entwicklung des Neigungsrechners erfolgte, um die Eignung der Nahbildmeßgeräte der Fa. Zeiss für die Aufgaben der Architekturphotogrammetrie zu verbessern. Eine gewisse Einschränkung der Anwendungsmöglichkeiten der Bildmessung ergab sich in der Architektur immer wieder wegen zu kleiner Modellbereiche bei

ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Herausgegeben vom
ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppen f. Vermessungswesen),
der österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und
der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

REDAKTION:

emer. o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. H. Rohrer,
o. Prof. Hofrat Dr. phil. Dr. techn. e. h. K. Ledersteger und
Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter

Nr. 6

Baden bei Wien, Ende Dezember 1968

56. Jg.

Photogrammetrie mit Infrarot- und Farbenemulsionen

Von *Franz Ackerl*, Wien
(Schluß)

Wenngleich in der Zeit um 1934 noch niemand an jene Prüfverfahren für Meßkammern dachte, die nun vorzuschlagen sind und oft sehr aufwendige Prüfeinrichtungen verlangen, so führte der stets bestehende Zwang zur Sparsamkeit zur Benutzung schon vorhandener geeigneter Möglichkeiten. Zur zahlenmäßigen Ermittlung der Verzeichnung bot sich die Front eines Kasernengebäudes im Arsenal in Wien dar, wo in zwei Stockwerken je sechs Fenster, insgesamt 48 gleichmäßig verteilte Punkte ergaben, deren drei Koordinaten mit cm-Genauigkeit bestimmt wurden.

Ursprung war ein Punkt in der Mitte zwischen den einander nächsten Ecken der zwei mittleren Fenster in jedem Stockwerk, so daß die gewünschte Symmetrie zur Aufnahmeachse in jeder Lage der Kammer bestand, wenn der genannte Punkt als Ziel diente. Durch Optikrechnung ergab sich für jede Kammerlage das Punktefeld in Sollkoordinaten und aus dem Vergleich der mit einem Monokomparator der Wiener Universitäts-Sternwarte gemessenen Bildkoordinaten erhielt man die Verzeichnungsvektoren.

Neben der erwähnten Buch- und Monographienliteratur vor 1938 gab es zwei zusammenfassende und leichtverständliche Darstellungen des für die Benutzung von Infrarot-Emulsionen notwendigen Wissens (16), (17) und eben diese Veröffentlichungen über die vielseitige Verwendbarkeit der Infrarot-Strahlung haben zu ihrer Kenntnis in weiteren Kreisen sehr viel beigetragen.

Die Geheimhaltung der von militärischer Seite veranlaßten und durchgeführten Versuche brachte es mit sich, daß in breiter Vielgeleisigkeit Erscheinungen untersucht

(16) *Beck, H.*, Photographie des Unsichtbaren, Berlin, Photo Kino Verlag, 1936.

(17) *Helwich, O.*, Die Infrarot-Photographie und ihre Anwendungsgebiete, Harzburg, Heering Verlag, 1937.

wurden, die an anderer Stelle längst bekannt waren. Ein Beispiel dafür sind drei Berichte über „im Auftrag des Forschungsbeirates für Vermessungstechnik und Kartographie in Berlin ausgeführte Versuche zur Nutzbarmachung der Infrarotphotographie“ (1940/41, 1942, 1943). Sie kamen im Herbst 1944 an das OKH mit dem Hinweis, daß „die Infrarotphotographie wohl auch militärisch wichtige Möglichkeiten bietet.“ Es ist gewiß, daß infrarot-empfindliche Emulsionen noch vor dem letzten Krieg wesentlich nur für Erkundungszwecke Verwendung fanden. Als indessen im Mai 1938 mit der erwähnten von der *Neuhöfer & Sohn A. G.* gebauten Fernkammer tschechische Kampfanlagen aus Distanzen von 1 bis 3 km, gelegentlich auch bis 5 km aufgenommen wurden, galten die den Bildpaaren beigelegten punktwise zahlenmäßig entwickelten Pläne als Phantasieprodukt.

Die betreffenden Werke wurden später *nach ihrer Betretbarkeit* mit üblichen direkten Verfahren vermessen, und mit den an das OKH gelieferten, aber dort abgelehnten Plänen verglichen. Das Ergebnis veranlaßte den Chef des Kriegs-Karten- und Vermessungswesens Herrn Generalleutnant *Hemmerich* zur Anerkennung des Wertes der Photogrammetrie mit Fernkammer und Infrarot-Emulsionen. Von da ab gab es eine Vermessungsgruppe III, die vorerst dem Vermessungszug *Manfred-Süd* angegliedert war, aber nach den Arbeiten im Rhodope-Gebirge (Metaxas-Festung) zu einer unabhängig arbeitenden Vermessungsgruppe *Orel* wurde.

Es soll schließlich nicht verabsäumt werden darauf hinzuweisen, daß die Infrarot-Luftphotogrammetrie vom Oberkommando der deutschen Luftwaffe bereits sehr frühzeitig gefördert wurde; nämlich schon ab etwa 1941, als man allgemein noch annahm, daß Infrarotaufnahmen aus der Luft — wegen zu geringer Empfindlichkeit der Emulsion und untragbar langen Belichtungszeiten — nicht möglich seien. Für den militärischen Anwendungsbereich hatte jedoch die AGFA einen Luftbildfilm entwickelt, der mit entsprechendem Filter für Strahlung von Wellenlängen über 750 nm sensibilisiert war. Überall dort, wo Erkundungs- und Meßbildaufnahmen aus Erdstandpunkten die gewünschten Unterlagen gar nicht oder nur unzureichend lieferten, erbrachte das der Fliegerbildschule HILDESHEIM unterstehende Sonderkommando „*Oberst Zimmermann*“, dem ich zugeteilt war, die für zahlenmäßige Auswertung bestimmten Infrarot-Luftbilder. So wie General *Hemmerich* die Bedeutung der Infrarot-Photogrammetrie frühzeitig grundsätzlich erkannt und ihre Anwendung für Erdstandpunkte befohlen hatte, förderte General *Fischer* (18), als Kommandeur der Fliegerbildschule HILDESHEIM in jeder Weise die Verwendung Infrarot-empfindlicher Luftbildfilme, ihre Erprobung und Weiterentwicklung. Mit der fortschreitenden Verbesserung des Aufnahmematerials in enger Verbindung stand die Spezialausrüstung des Bildflugzeuges mit drei Kammern 30 x 30 cm² von 20 cm, 75 cm und 120 cm Brennweite, Koppelung mit je zwei Horizontkammern, Statoskopen usw.

Der Chef dieses Luft-Sonderkommandos, *Oberst Zimmermann*, hat alles dazu getan, seine Flieger zu Bildfliegern zu erziehen und den hohen Wert der Verwendung Infrarot-empfindlicher Emulsionen voll zur Geltung zu bringen.

Nach dem Vorübergang des Zweiten Weltkrieges gab es auf der europäischen Seite keine Äußerungen zu dem Thema der Verwendung von Infrarot-Emulsionen. Erst viel später wurde erkennbar, daß auf amerikanischer und englischer Seite die

Infrarot-Photographie aus der Luft in ähnlicher Art verwendet worden war, wie auf der gegnerischen Seite. Auch hinsichtlich der Aufnahmeverfahren gab es keine wesentlichen Unterschiede, denn der amerikanisch-englischen *Trimetrogon*-Methode entsprach im erwähnten Sonderkommando durchaus die von mir vorgeschlagene Aufnahme mit zwei Kammern, von denen eine — mit kürzerer Brennweite — entweder für Senkrechtaufnahmen eingerichtet, oder so geneigt war, daß der Nadirpunkt noch am Bild lag. Die zweite Kammer — mit langer Brennweite — überlappte mit den zugehörigen Fernbildern die von der erstgenannten Kammer erzeugten Aufnahmen. Zur Erreichung vollen Bildanschlusses in Flugrichtung war die Bildfolge dieser Fernkammer etwa dreimal schneller als die der ersten Kammer.

Gleichzeitig mit den in (15) (S. 293) erwähnten, in Afrika erbeuteten Belichtungsmessern war auch ein Buch bekannt geworden, das als Standardwerk in englischer Sprache für den Bereich der Infrarot-Photographie (19) zu bezeichnen war. Seiner damals schon unübertroffenen Reichhaltigkeit stand kein ähnliches in deutscher Sprache gegenüber.

In deutscher Sprache behandelt das Buch von *Nürnberg* (20) in einer sehr guten Darstellung aller technischen Erfordernisse die Grundlagen der Infrarot-Photographie bei deutlicher Ausrichtung auf Erzeugnisse aus Ostdeutschland: Platten- und Film-Sortimente, Chemikalien, Spezialentwickler für Infrarot-Emulsionen des VEB AGFA-WOLFEN, Filter des VEB Glaswerkes SCHOTT und Gen., Jena; Röhrenblitzgeräte für Agfa-Infrarapid-Film von VEB ELEKTRONIC, Plauen (Vogtland) usw. Besonders wertvoll, insbesondere für Amateure, ist die Bekanntgabe der Eignung zahlreicher Objektive von MEYER (Görlitz), RODENSTOCK (München, Regen), SCHNEIDER (Kreuznach), STEINHEIL (München), VEB CARL ZEISS (Jena), für Infrarot-Aufnahmen. Aus dieser Zusammenstellung und manchen bis in die letzte Zeit reichenden Mitteilungen der Erzeuger von hochwertigen Objektiven für Klein- und Mittelkammern (Kleinbild-Format, oder 56 x 72 mm: LINHOF-Format, oder 60 x 60 mm HASSELBLAD — ROLLEI — MAMIYA-Format oder 85 x 105 mm POLAROID-Format ist erkennbar, daß die Farbkorrektion auf das sichtbare Spektrum beschränkt blieb.

Bei Benutzung von infrarotempfindlichen Emulsionen muß nach wie vor die dem gewählten Filter entsprechende „Fokussdifferenz“ berücksichtigt werden. Dies geschieht durch Einstellung der Distanzteilung des Objektivs auf einen kleineren Wert der Gegenstandsweite. Die hierzu gehörige größere Bildweite ist dann gleich groß wie die Schnittweite des vom Filter durchgelassenen Teiles der Infrarotstrahlung aus der tatsächlichen Gegenstandsweite.

Wie früher angedeutet (8), hatte man sich schon etwa 1930 darum bemüht, durch die photographische Festhaltung der Wirkung ausgefilterter Farbanteile, auf Schwarz-Weiß-Emulsionen bestimmte Zwecke zu erreichen. Dies geschah einesteils für die schon

(18) *Fischer, E.*, Das Luftbildwesen (Der Dienst in der Luftwaffe), Berlin, Bernard und Graefe, 2. Aufl. 1938. Lesen des Luftbildes, Berlin, Bernard und Graefe, 1938.

(19) *Clark, W.*, Photography by Infrared, First Edition, London, Wiley and Sons, 1939; Second Edition 1946.

(20) *Nürnberg, A.*, Infrarot-Photographie, Halle (Saale), VEB Wilhelm Knapp Verlag, 1957.

recht gut entwickelten Verfahren des Mehrfarbendruckes, aber auch schon mit dem deutlichen Blick auf die Absicht das zu ermöglichen, bzw. zu verbessern (21), was man heute als Interpretation des Bildinhaltes, Ausschöpfung des Informationsumfanges usw. bezeichnet. Es war wohl wesentlich die mit der Verwendung von Infrarot-Emulsionen verbundene nicht leugbare Umständlichkeit, die im zivilen Sektor zu verhältnismäßig seltener Benutzung führte. Selbst dort, wo man Infrarot-Photographie als wertvolles Hilfsmittel wählte, wurde meist nur interpretiert, nicht aber gemessen. Auch heute noch ist es im großen Umfang leider so geblieben, obwohl die durch ein Objektiv mit A-Charakteristik aufgenommenen Infrarot-Meßbilder in üblicher Art, sowohl mechanisch wie auch zahlenmäßig auswertbar sind.

Praktisch gilt für die Aufnahme von Luftbildern mit Infrarot-Emulsionen auch die Beschränkung wegen unzulässig langer Belichtungszeit nicht mehr. Da es derzeit keinen Grund gibt, für Aufnahmen aus der Luft Infrarot mit mehr als 850 nm Wellenlänge zu benutzen, reichen bei Normalverhältnissen hinsichtlich Tageszeit und Flughöhe die für Aeropanfilme üblichen Belichtungszeiten vollständig aus. Dies wurde bei vielen Versuchen, Untersuchungen und praktischen Arbeiten erwiesen. Wenn man dennoch Infrarot-Luftbilder sehr häufig nur für Interpretation, nicht aber auch für Auswertung (numerisch oder instrumental) benützt, so mag daran die Entwicklung schuld sein, mit dem ursprünglich in der Tat bedeutungsvollen Schlagwort von der „Fokusedifferenz“ und den davon herrührenden Zweifeln betreffend die innere Orientierung.

Hier brachten und bringen auch die eindringlichsten Hinweise von Vorträgen und aufklärende Veröffentlichungen keine Wandlung. Wenn u. U. diese Veröffentlichungen z. B. (22), nicht allgemeiner bekannt geworden sind, so ist es doch sehr bedauerlich, daß auch die besten Bemühungen der großen Instrumentenerzeuger, wie CARL ZEISS — OBERKOCHEN, WILD HEERBRUGG A. G., JENOPTIK — JENA praktisch keinen Erfolg zeitigen.

In der von *H. K. Meier* veröffentlichten Arbeit (23) sind alle Unterlagen und Angaben zusammengefaßt, die zur echten Auswertung von Infrarot-Meßbildern anregen könnten, unter besonderer Hinweisung auf die Verfügbarkeit jener Reihenkammern mit A-Charakteristik, die es gewährleistet, daß die von diesen Kamern erzeugten Infrarot-Meßbilder so wie alle anderen Meßbilder numerisch oder routinemäßig zeichnerisch ausgewertet werden können.

Auch alle im englischen Sprachkreis erschienenen und erscheinenden sehr zahlreichen Veröffentlichungen zum Thema „Benutzung von Infrarot-Emulsionen“ verstehen unter „Benutzung“ jene allgemein übliche für Zwecke der Interpretation, nicht aber eine solche im Bereich echter Auswertung.

(21) *Meilbeck, A.*, Die Telechrom-Apparatur zur Herstellung farbiger Luftbilder, Bildmessung und Luftbildwesen, Liebenwerda, Wichmann, 1936.

(22) *Ackerl, F.*, Die zweckmäßige Abstimmung der Signalformen und -farben auf den Untergrund und das Aufnahmematerial, Wissenschaftl. Zeitschrift der TH Dresden, 13 (1962/63).

(23) *Meier, H. K.*, Über die Benutzung von Infrarotemulsionen in der Photogrammetrie; Bildmessung und Luftbildwesen, Karlsruhe, Wichmann, 1962.

Die durch den Zweiten Weltkrieg unterbrochenen eigenen Untersuchungen über die Anwendung von Infrarot- und Farbemulsionen für numerisch-photogrammetrische Zwecke konnten vor 20 Jahren nur im Bereich der Erdbildmessung wieder aufgenommen werden. Da damals Spezialfilme oder -Platten nur bei Bestand von Beziehungen zu Besatzungsmächten erhältlich waren, sehr selten und mitunter mißtrauisch zur Verfügung gestellt wurden, meist mit der Auflage, die Bilder in genau bekannter Anzahl zur Einsicht vorzulegen, so waren die Versuchsmöglichkeiten beträchtlich eingeschränkt.

Immerhin ergab es sich, daß die Waldstandsaufnahme Österreichs, im Zusammenhang mit der Befliegung, alte Verbindungen zu GEVAERT wiederherstellte und damit Emulsionsmaterial verschiedener Art verfügbar machte. Mit von GEVAERT großzügig überlassenen Infrarotplatten der Gruppe SCIENTIA wurden alle Fragen über ihre Verwendung in einer terrestrischen Meßkammer $13 \times 18 \text{ cm}^2$ mit einem für Infrarotstrahlung nicht korrigierten Orthoprotar-Objektiv vollständig geklärt.

Die für Platten mit Infrarot- und zahlreichen anderen Emulsionen durchgeführten Auswertungen mit verschiedenen Komparatoren — u. a. mit zwei Komparatoren der Wiener Universitätssternwarte — bestätigen einwandfrei die Möglichkeit der Verwendung von Infrarot-Emulsionen für zahlenmäßige Auswertung. Es waren natürlich jene geometrischen Forderungen zu beachten, die als Folge der Nichtkorrektur des Objektes für Infrarot bestanden und — schon vom Krieg her bekannt — durch Verbesserung gemessener Bildkoordinaten berücksichtigt wurden. Da die Art des Vorganges in (15) dargestellt ist, soll hier eine Wiedergabe unterbleiben, jedoch mit dem Hinweis, daß die im damaligen Vortrag gezeigten Emulsions-Vergleiche in Form von Tabellen bzw. von Schaubildern zur Verteilung der Verbesserungen die Abwesenheit systematischer Einflüsse, zufolge Erfüllung des Kriteriums von ABBE, deutlich erkennen ließ.

Die damals aus infrarot-optischen Gründen notwendige Verwendung der eingangs erwähnten Rahmenleisten führte während der 1955 beendeten Versuche mit Infrarot-Platten zur Untersuchung der Verwendbarkeit des Phototheodolites für Aufnahmen mit kleineren Dingweiten, als sie für gewöhnlich in der Erdbildmessung vorkommen. Diese damals überflüssig oder wohl auch nutzlos erscheinenden Studien erwiesen sich nach 10 Jahren als wertvoll, zu dem Zeitpunkt, da das Österreichische Bundesdenkmalamt sich zur Anwendung der Photogrammetrie im Bereich der Architektur entschloß.

Unter Beachtung der formelmäßig bekannten Zusammenhänge zwischen den Instrument- bzw. Kammerdaten (Brennweite, Blendenöffnung, Streukreisdurchmesser) wurden jene Kombinationen von Dingweiten mit vorderer und rückwertiger Grenzebene ermittelt, die bei Anwendung einer bestimmten Rahmenleiste, bestimmte Streukreisdurchmesser sichert.

Mit diesen Unterlagen konnte für jede beliebige Plattensorte (natürlich auch für Infrarot-Platten) zu einem gegebenen Objekt, zwischen seiner vorderen *Nahebene* und seiner rückwärtigen *Fernebene*, die zugehörige *Einstellebene* und damit die Dingweite ermittelt werden. Die zu dieser Dingweite gehörige Bildweite verlangt nun eine Rahmenleiste, die eben dieser Bildweite direkt entspricht, oder aber ein diese Bildweite einschließendes Bildweiten-Intervall beherrscht. Da an den Grenzen dieses

Intervalls verschiedene Streukreisdurchmesser bestehen, muß noch der geforderte Durchmesser durch Wahl der zugehörigen Blendenöffnung verwirklicht werden. Damit ist auch die notwendige Belichtungszeit festgelegt, deren Einhaltung durch einen 1955 von der CARL ZEISS-Vertretung in Wien beschafften, vor dem Objektiv aufsetzbaren Compur-Verschluß ermöglicht wurde.

Für die Benützung einer Meßkammer mit für infrarote Strahlung nicht korrigiertem Objektiv sei nachstehend der bei der Aufnahme einzuhaltende Vorgang zusammengefaßt.

1. Feststellung der Brennweite (Kammerkonstante) f und des Öffnungsverhältnisses $1:n$ des Objektivs, sowie des geforderten kleinsten Streukreisdurchmessers d .

2. Feststellung des Abstandes E jener Ebene des Dingraumes, deren Punkte in der Bildebene scharf (d. h. ohne Streukreis) abgebildet werden sollen.

3. Ausrechnung des Abstandes W der Weitebene und des Abstandes N der Nahebene, deren Dingpunkte in der Bildebene mit dem Streukreisdurchmesser d abgebildet werden:

$$W = \frac{F_0 \cdot E}{F_0 - E} \qquad N = \frac{F_0 \cdot E}{F_0 + E}$$

Der in die Formeln für W , N eintretende Wert F_0 der sogenannten Hyperfokaldistanz ist zu berechnen mit den in 1. festgestellten Werten:

$$F_0 = \frac{f^2}{n \cdot d} \qquad \dots (2)$$

5. Wahl jener Bildrahmen-Leisten, deren Dicke Δ den gegebenen Werten von (1) entspricht. Durch Auflage je einer solchen Leiste am oberen bzw. unteren Rand des Bildrahmens wird die Platte in jene Bildweite b gebracht, die der Dingweite E entspricht und damit die Bedingung (3) erfüllt.

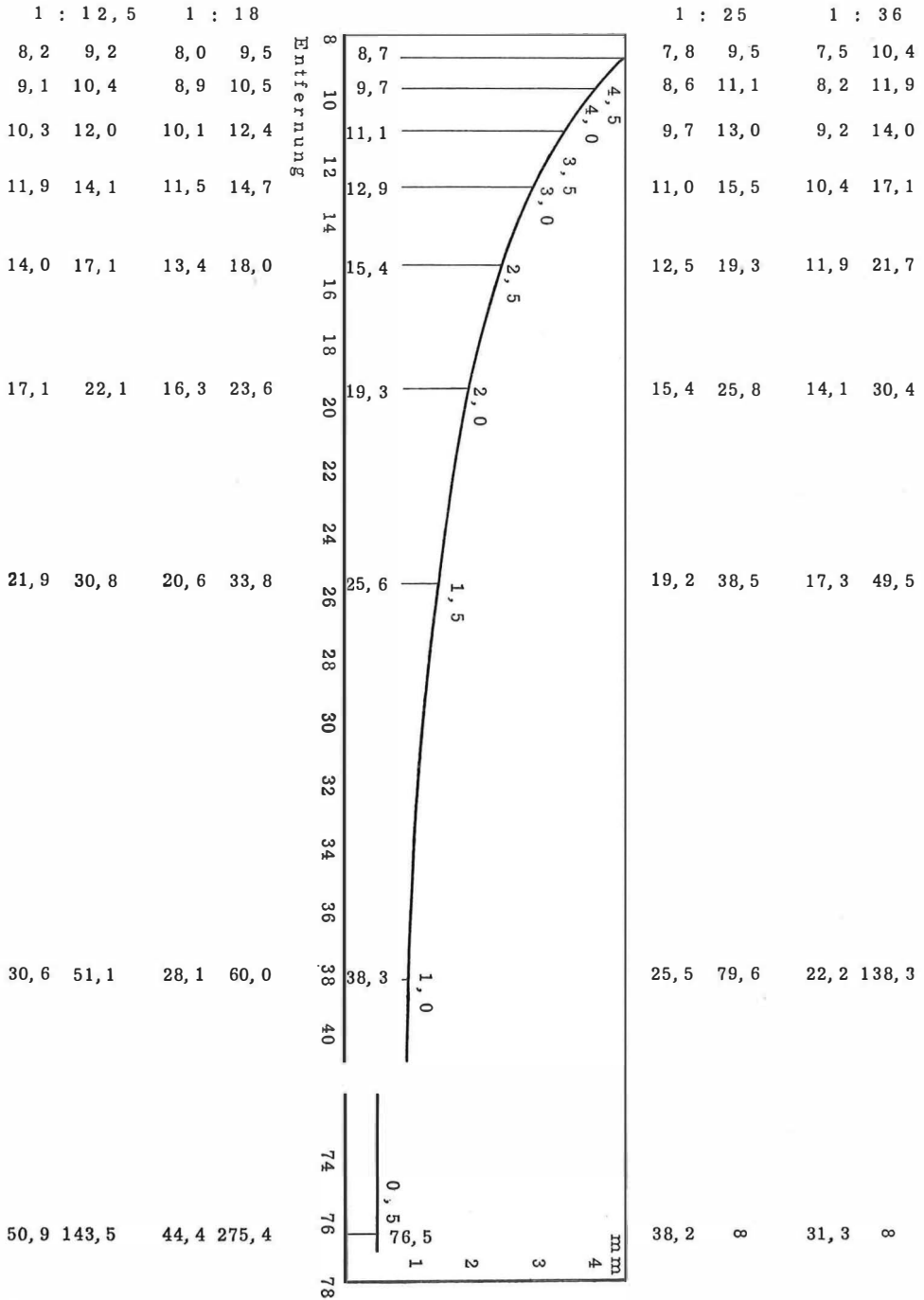
Um die hier erwähnten Rechnungen zu vermeiden, benützt man ein für die betreffende Meßkammer geltendes Diagramm, das für mit Halbmillimeter-Stufen wachsende Leistendicken vorbereitet wird und die Entnahme beliebiger Kombinationen von E , n und Δ erlaubt. Mit der Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \qquad \dots (3)$$

berechnet man die der Dingweite g entsprechende Bildweite b , unter Beachtung des für irgendeinen gewählten Infrarot-Grenzwert geltenden Betrag der Brennweite f . Die Differenz $\Delta = b - f$ gibt die hier notwendige Leistendicke. Um jene Beträge E zu erhalten, die ganz bestimmten Leistendicken entsprechen, hat man vorerst Δ aus Gl. (3) abzuleiten:

$$\Delta = b - f = \frac{f^2}{g - f} \qquad \dots (4)$$

hieraus in einer für rasche numerische Rechnung passenden Art die den Halbmillimeter-Stufen der Leisten zugeordneten Werte $g = E$ zu bestimmen:



$$g = E = \frac{f^2}{\Delta} + f \quad \text{oder} \quad = f \left(\frac{f}{\Delta} + 1 \right) \quad \dots (5)$$

und nun — nach Wahl von d — mit den genormten Werten n (z. B. 12,5 . . 18,) die Größe F_0 nach Gl. (2) zu rechnen. Zum Schluß geben die Gl. (1) die Abstände W bzw. N der Weit- bzw. Naheebene.

Die als Beispiel beigefügte Kurve mit den seitlich stehenden Zahlenreihen zeigt das Ergebnis einer solchen Rechnung für den erwähnten ZEISS-Phototheodolit 13 x 18 cm ($f = 195,28$ mm) zu den Blendenzahlen $n = 12,5, 18, 25, 36$ und für Halbmillimeter-Stufen der Leisten von 0,5 mm . . . 4,5 mm.

Alle oberhalb der Entfernungachse — quer zu ihr — hervorgehobenen Werte E sind für eine bestimmte Leistendicke bei allen Blendenzahlen n gleich groß. Für die Öffnungsverhältnisse 1:12,5 bzw. 1:18, 1:25, 1:36 sind die zugehörigen Abstände der Nah- und Weitebene angegeben. Man entnimmt etwa, daß zur Leistendicke 1,5 mm die Dingweite 25,6 m gehört und bei Wahl des Öffnungsverhältnisses 1:25 die Nah- bzw. Weitebene im Abstand von 19,2 m bzw. 38,5 m liegt. Während die für Leistendicken von mehr als 1mm geltende Darstellung nur für Aufnahmen mit Dingweiten bis etwa 140 m von Belang ist, soll die Unterbrechung der Entfernungachse nach 40 m andeuten, daß mit E -Werten über 60 m und Blendenzahlen größer als 25 die Weitebene bereits in große Ferne gerückt ist. Für die Blendenzahlen 12,5 bzw. 18 ist das noch nicht der Fall, so daß hier ein Anwendungsbereich vorliegt, der von der Photogrammetrie mit kleineren Dingweiten zur Photogrammetrie für topographische Zwecke bei großen Dingweiten überleitet.

Der ursprüngliche Zweck dieser Entwicklungen und Untersuchungen galt, wie bemerkt, der Ausschaltung unscharfer Abbildungen bei Verwendung von Infrarot-Emulsionen in Meßkammern mit einem für Infrarot nicht korrigierten Objektiv. Dabei ist festzuhalten, daß für Aufgaben der Erd-Bildmessung Infrarot-Emulsionen zur Verfügung stehen, die für Wellenlängen von 750 nm . . . 2000nm einen weiteren Bereich als den des sichtbaren Lichtes (350 nm . . . 750 nm) erfassen.

Die hier geschilderten Umstände, Erfahrungen und Ergebnisse fanden eine recht interessante Anwendung in jenem Entfernungsbereich, der sich bei Aufnahmen für Zwecke des Denkmalschutzes, der Architektur und Archäologie ergibt. Hier *kann* nicht nur, sondern *muß* die Scharfabbildung durch Vergrößerung des Abstandes zwischen Objektiv und Bildebene erzwungen werden. Dies ist aber bei Meßkammern mit festem Abstand zwischen Objektiv und Bildrahmen nur durch Anlegeleisten erreichbar. Der hierdurch etwas erschwerte Aufnahmevorgang veranlaßte die Konstruktion von Meßkammern für den besonderen Zweck, der entweder durch feststehende Weitwinkel-Objektive mit großer Schärfentiefe erreicht wird, oder durch Verstellbarkeit des Objektivs auf die erforderliche Bildweite.

Die hier gegebenen Hinweise zur Benützung von Infrarot-Emulsionen für photogrammetrische Arbeiten, werden in einem nachfolgenden Teil erweitert durch die Darstellung von Überlegungen und Versuchen zur Verwendung von Farb-Emulsionen im Bereiche der Photogrammetrie.