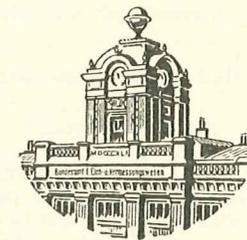


Sonderveröffentlichung Nr. 16

THEODOR SCHEIMPFLUG

FESTSCHRIFT

zum 150jährigen Bestand
des staatlichen Vermessungswesens
in Österreich

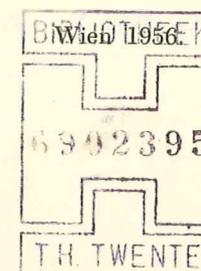


Herausgeber :

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen,
Österreichischer Verein für Vermessungswesen,
Österreichische Gesellschaft für Photogrammetrie.

Eigentümer und Verleger:

Österr. Verein für Vermessungswesen.



INHALTSÜBERSICHT

Vorwort von w. Hofrat Ing. K. Neumaier	1
A. Einleitung von Prof. Dr. J. Krames	4
B. Theodor Scheimpflugs Leben und Wirken von Hofrat Professor Dr. e. h. mult. E. Doležal †, und Präsident Dipl.-Ing. K. Lego	5
I. Vorbemerkungen	5
II. Jugendzeit und Dienst bei der Kriegsmarine (1865—1896)	6
III. Vorbereitung auf seine Lebensarbeit (1896—1901)	8
IV. Tätigkeit als unabhängiger Forscher (1901—1911)	11
C. Die Verwendung des Skioptikons zur Herstellung von Karten und Plänen aus Photo- graphien von Linienschiffsführer Th. Scheimpflug	15
I. Die grundlegenden Versuche	15
II. Optische und technische Einzelheiten	18
III. Schlußworte	22
D. Theodor Scheimpflug und die Entwicklung der modernen Zweibildgeräte von Prof. Dr. J. Krames	23
I. Einleitung	23
II. Das heute erreichte Ziel	24
III. Rückblick auf den weiten Weg	31
IV. Schlußworte	44
E. Umbildung und Entzerrung photographischer Aufnahmen nach Theodor Scheim- pflug von Prof. Dr. J. Krames	46
I. Zur grundlegenden Theorie	46
II. Der Ausgangspunkt	47
III. Scheimpflugs Umbild- und Entzerrungsgeräte	48
IV. Zur weiteren Entwicklung der Entzerrungsgeräte	60
V. Schlußworte	63
F. Scheimpflugs Landesvermessung aus der Luft von Prof. Dr. J. Krames	63
I. Die Grundgedanken	63
II. Scheimpflugs Panoramenapparate	64
III. Schöpfung der Aerotriangulation	68
IV. Das Kernflächenverfahren	69
V. Zonentransformation und kartographische Ausgestaltung	71
VI. Tätigkeit des Scheimpflug-Institutes	74
VII. Zur weiteren Entwicklung	76
VIII. Schlußworte	79
G. Der Entfernungsmesser Doležal-Scheimpflug von Präsident Dipl.-Ing. K. Lego.	80
I. Theoretische Grundlagen und Prinzip	80
II. Der Fernrohr-Distanzmesser	82
III. Der Kamera-Distanzmesser	85
H. Literatur	86
I. Veröffentlichungen von Theodor Scheimpflug	86
II. Patentschriften von Theodor Scheimpflug	86
III. Weitere herangezogene Literatur	88

Copyright by Österreichischer Verein für Vermessungswesen.
Nachdruck verboten.

THEODOR SCHEIMPFLUG



geboren zu Wien am 7. Oktober 1865,
gestorben in Vorderbrühl am 22. August 1911.

MOTTO:

*Von Dir, dem Schöpfer, gilt der ewig junge Spruch OVIDS:
„Nur an den Lebenden zehret der Neid, er ruht nach dem Tode,
Dann wird jedem sein Ruhm, seinem Verdienste gemäß!“*

Aus H. HOERNES, Festrede über Scheimpflug
anlässlich der Enthüllung einer Gedenktafel
am 6. Dezember 1913.

Geleitworte:

1. Des Herrn Bundesministers für Handel und Wiederaufbau
DDDr. Udo ILLIG
2. Des Herrn Präsidenten des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen
Dipl.-Ing. Dr. jur. Franz SCHIFFMANN

Geleitwort

des Bundesministers für Handel und Wiederaufbau

DDDr. Udo ILLIG

Die Schaffung des dem General-Quartiermeisterstab unterstellten eigenen Departements mit dem Triangulierungsbüro und dem Topographischen Büro im Jahre 1806, die Errichtung des Militärgeographischen Institutes im Jahre 1839, die Unterstellung der österreichischen Kommission für die internationale Erdmessung und des Gradmessungsbüros sowie der Generaldirektion des Grundsteuerkatasters unter die Kompetenz des damaligen Staatsamtes für Handel und Verkehr, Industrie und Bauten im Jahre 1919, die Einbeziehung des Militärgeographischen Institutes in diese Vereinheitlichung im Jahre 1920, die Schaffung des Bundesvermessungsamtes im Jahre 1921 und des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen im Jahre 1923, das nunmehr dem Bundesministerium für Handel und Wiederaufbau untersteht, sind die Entwicklungsstufen zu einem Werk der Verwaltungsreform, das nicht nur im Inland als Vorbild angesehen, sondern auch im Ausland als mustergültig und nachahmenswert anerkannt wird.

Als zuständiger Ressortminister nehme ich das 150jährige Bestandsjubiläum des staatlichen Vermessungswesens gerne zum Anlaß, die hervorragenden Leistungen desselben zu würdigen und Dank und Anerkennung auszusprechen. Diese Würdigung möge in gleicher Weise den derzeitigen Angehörigen des Amtes gelten als auch jenen, die durch ihre Leistungen in früheren Zeiten dazu beigetragen haben, daß das Bundesamt sein hohes Ansehen erlangt hat. Ich bin überzeugt, daß das staatliche Vermessungswesen, nunmehr in einem freien Österreich, eingedenk seiner stolzen Tradition, auch weiterhin das Beste leisten wird zum Wohle des Staates, der Wirtschaft und der Bevölkerung.

Dr. ILLIG

Geleitwort

des Präsidenten des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen

Dipl.-Ing. Dr. jur. Franz SCHIFFMANN

Die erste militärische Aufnahme, welche sich auf alle österreichischen Länder erstreckte, die sogenannte Josephinische Landesaufnahme (1763–1785), war nur länderweise und uneinheitlich ohne Triangulierungsgrundlage durchgeführt worden, so daß der Versuch, aus dieser Aufnahme eine einheitliche topographische Karte von ganz Österreich herzustellen, scheiterte. Erzherzog Karl, der Sieger von Aspern, betraute daher am 12. April 1806 auf Grund eines kaiserlichen Befehles den Generalquartiermeister mit der Durchführung einer astronomisch-trigonometrischen Aufnahme der Monarchie zur Schaffung einer einheitlicher geodätischer Grundlagen. Dem Generalquartiermeisterstab wurde zu diesem Zweck ein eigenes Departement angeschlossen, welchem ein Triangulierungsbüro für die astronomischen und Triangulierungsarbeiten und ein topographisches Büro für die Mappierungsarbeiten unterstanden. Von nun ab wurden nicht nur die bezeichneten Arbeiten systematisch und kontinuierlich durchgeführt, sondern auch die Grundlagen für die katastrale Landesaufnahme geschaffen. Die Errichtung des eigenen Departements mit dem Triangulierungs- und dem topographischen Büro ist daher als der Beginn des staatlichen Vermessungswesens anzusehen.

Es ist unmöglich, in diesen Ausführungen auf die weiteren Entwicklungsphasen dieser Institution bis zur Schaffung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen einzugehen. Das wird an anderer Stelle mit der gebührenden Ausführlichkeit erfolgen. In diesem Rahmen sei nur auf die ausschlaggebende Intensivierung der Arbeiten der topographischen und katastralen Landesaufnahmen durch die Anwendung der Photogrammetrie, insbesondere der Aerophotogrammetrie, hingewiesen. Österreich darf einen bedeutenden Anteil am Aufbau der modernen Photogrammetrie für sich in Anspruch nehmen. Von den Männern, die neben Hofrat Prof. Dr. h. c. mult. Eduard DOLEŽAL den stärksten Einfluß auf die Weiterentwicklung der Photogrammetrie ausgeübt haben, ist ein Österreicher besonders hervorzuheben — Theodor SCHEIMPFLUG.

Es ist ein schon lang gehegter Wunsch der Fachwelt, dem Lebenswerk SCHEIMPFLUGS eine Denkschrift zu widmen, welche seine genialen Ideen und nachhaltigen Anregungen aufzeigt. Diesem Zweck soll die vorliegende Schrift dienen, welche anlässlich des 150. Jahrestages des Bestehens des staatlichen Vermessungswesens in Österreich ausgegeben wird. Damit erhält einer der vielen bedeutenden Männer aus der Geschichte des Vermessungswesens in Österreich die verdiente Ehrung.

Zum Schluß obliegt es mir, allen am Zustandekommen dieser Festschrift Beteiligten meinen herzlichsten Dank auszusprechen, vor allem den Firmen Wild-Heerbrugg A. G. und Zeiß-Aerotopograph, München, die durch Beistellung von Druckstöcken und Illustrationstafeln sowie durch finanzielle Unterstützung wertvolle Beiträge geleistet haben.

Dr. SCHIFFMANN

Vorwort

von w. Hofrat Ing. Karl *Neumaier*

Zur Geschichte der Entstehung dieses Werkes sei nachfolgende Begebenheit mitgeteilt, die auch eine treffende Charakteristik von *Scheimpflug*'s Persönlichkeit gibt.

Am 22. August 1936 fand aus Anlaß der 25. Wiederkehr des Todestages von *Scheimpflug* vor seinem am Friedhof in der Hinterbrühl gelegenen Grabe eine kleine, intime Feier statt, an welcher der Präsident des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen Dipl.-Ing. *Gromann*, Hofrat Professor Dr. h. c. mult. *Doležal* als Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie, Professor Dr. *Rohrer*, Hofrat Dipl.-Ing. *Lego*, die Verwandten *Scheimpflug*'s und mehrere Beamte des Bundesamtes teilnahmen.

Hofrat *Doležal* hielt am Grab nachstehende, im Auszug wiedergegebene Ansprache:

„Im kräftigsten Mannesalter von kaum sechsundvierzig Jahren inmitten seiner intensiven Arbeiten, voll von Entwürfen und reich an Plänen erlag Theodor *Scheimpflug* am 22. August 1911 im Sanatorium seines Bruders in der Vorderbrühl einer tückischen Krankheit.

Hier auf diesem idyllisch gelegenen Friedhof in der Hinterbrühl fand er im Familiengrabe seine letzte Ruhestätte, auf demselben Gottesacker, auf dem der Professor der Geodäsie und erste Rektor der Wiener Technischen Hochschule Dr. Josef *Herr* und auch der Professor der Darstellenden Geometrie derselben Hochschule Rudolf *Staudigl* begraben sind.

Es ist eine merkwürdige Fügung des Schicksals, daß *Scheimpflug* in jener Gegend zur ewigen Ruhe gebettet wurde, wo er in den Jahren 1896 und 1897 als 32jähriger Linienschiffsführer und Hörer der Technischen Hochschule unter meiner Leitung seine ersten photogrammetrischen Übungen gemacht hat. In der kurzen Spanne Zeit, die *Scheimpflug* für seine Arbeiten zur Verfügung stand, hat er der Welt so viel an Erfindungen und Ideen geschenkt, daß sein Name in der gesamten Fachwelt bekannt ist.“

Hierauf legte Hofrat *Doležal* in Vertretung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie einen Kranz am Grabe nieder, worauf Kranzniederlegungen namens der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie und namens des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen durch Hofrat *Lego* und Prof. *Rohrer* erfolgten, wonach Hofrat *Doležal* seine Rede fortsetzte:

„Theodor *Scheimpflug* war seiner Zeit weit voraus. Darum fand er für seine Ideen besonders in seinem Vaterlande wenig Unterstützung und Verständnis, aber viel Enttäuschung, und mußte auch die Gelder für seine kostspieligen Versuche und Konstruktionen aus eigenen Mitteln aufbringen, ohne die Früchte seiner Tätigkeit jemals ernten zu können.

Hingegen hat er moralische Erfolge erzielt, die ihn zu weiterer Arbeit anspornten, in hohem Maße erfreuten und ihm den Lohn für sein arbeits- und opferreiches Leben boten.

Gemeinsam mit mir beteiligte er sich im Jahre 1897 an der Tagung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Braunschweig, wo sein Vortrag „Über die Herstellung von Karten und Plänen auf photographischem Wege“ stürmische Begeisterung auslöste und *Scheimpflug* für seine originellen Gedanken reichen Beifall und Anerkennung fand. Im Jahre 1909 nahm er an der ILA der „Ersten Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung“ in Frankfurt am Main teil, sprach dort über „Die technischen und wirtschaftlichen Chancen einer ausgedehnten Kolonialvermessung“ und erregte gleichfalls allgemeines Aufsehen und Interesse, speziell beim deutschen Kolonialamt. Besondere Freude dürfte ihm aber die Aufnahme auf der „Ersten Internationalen Luftfahrtkartenkonferenz“, die im Mai 1911 in Brüssel stattfand, bereitet haben, wo Baron *Berget*, Professor der Pariser Sorbonne, *Scheimpflug* als den Führer auf dem zukunftssicheren Wege zur Luftaufnahme der Länder feierte und den Wert seiner Methode für die Kolonialvermessung besonders hervorhob.

Trotz dieser vielfachen Anerkennungen, die *Scheimpflug* fand, hatte erst der Weltkrieg die praktische Verwertung der Luftbildmessung ins Rollen gebracht. Die ungeahnte Entwicklung der Technik im Kriege, vor allem der Aeronautik und der Aerophotographie, haben die volle Ausnützung und Verwertung der *Scheimpflug*'schen Erfindungen mit sich gebracht. Die Saat, die *Scheimpflug* gesät hat, begann nun aufzugehen und Früchte zu tragen. Aber auch nach dem Kriege nahm die Entwicklung und Verbreitung der Aerophotogrammetrie zu. Und wenn die Luftbildvermessung heute in allen Erdteilen als unentbehrliche Aufnahmemethode Verwendung findet, so ist dies ein schlagender Beweis, daß *Scheimpflug* den richtigen Weg gegangen ist und bahnbrechend gewirkt hat. *Scheimpflugs* Name wird daher einen unvergänglichen Platz in den Annalen der Geschichte der technischen Wissenschaften einnehmen.“

Hofrat *Doležal* schloß seine Ausführungen mit folgender erfreulicher Mitteilung, die er auf Grund einer von Hofrat *Lego* gegebenen Anregung und dessen Versicherung der Unterstützung durch das Bundesamt machte: „Das österreichische Vermessungswesen ist stolz, *Scheimpflug*, der zu den Gründern der Österreichischen und Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie gehört, zu den Seinen zählen zu dürfen. Das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, die Österreichische Gesellschaft für Photogrammetrie und der Österreichische Verein für Vermessungswesen betrachten es als ihre Ehrenpflicht, das Andenken dieses unermüdlchen, ideal veranlagten Pioniers der Photogrammetrie, dieses Bahnbrechers der Aerophotogrammetrie zu wahren und zu diesem Zweck sein Lebensbild und seine Lebensarbeit in einer von ihnen gemeinsam herzugebenden Monographie festzuhalten. Möge dieses Werk bald in die Hände der Fachwelt gelangen und zur Verbreitung des Ansehens *Scheimpflugs* dienen!“

Bald nach dieser Gedenkfeier verhandelten Hofrat *Doležal* und Hofrat *Lego* mit dem Direktor des Technischen Museums wegen leihweiser Überlassung des dort aufbewahrten Nachlasses von Theodor *Scheimpflug* an die Österreichische Gesellschaft für Photogrammetrie und an den Österreichischen Verein für Vermessungswesen. Es kam ein Vertrag zustande, demzufolge der umfangreiche Nachlaß ins Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen überführt wurde, wo ihn über Auftrag von Hofrat *Lego* Dipl.-Ing. Dr. Wilhelm

Kern ordnete und bearbeitete. Die Ableitung der Theorie des nur als Werkzeugzeichnung vorhandenen „Zeichenapparates“ von *Scheimpflug* wurde dem der Topographischen Abteilung angehörigen Dipl.-Ing. Hans *Nehammer* übertragen. Anfangs 1938 waren diese Vorarbeiten beendet. *Kern*, der eine Probeverwendung bei der Fa. *Zeiß* in Jena angenommen hatte, mußte bald einrücken, kehrte aber aus dem Weltkrieg nicht mehr zurück.

Nach der Wiedererrichtung der österreichischen Republik wollte das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen die Manuskripte nochmals überprüfen. Aber der *Scheimpflug*'sche Nachlaß, der 1938 dem Technischen Museum zurückgegeben worden war, lag wegen ungünstiger testamentarischer Bestimmungen des letzten Verfügungsberechtigten, des Sektionsrates Dr. Karl *Scheimpflug*, der 1944 gestorben war, unter Sperre. Erst mit Unterstützung von Hofrat *Doležal*, Präsident *Lego* und Zustimmung des Vormundes der noch minderjährigen Erben gelang es 1952 der Schwester *Scheimpflugs*, Frau Marianne *Boller*, den Nachlaß aus dem Technischen Museum zu bekommen und ihn sowie die anderen Familienpapiere in ein Familienarchiv einzureihen, das am 12. 5. 1952 eröffnet und unter Denkmalschutz gestellt wurde.

Jetzt erst war es möglich, die *Scheimpflug*'sche Monographie einer Neubearbeitung zu unterziehen. Man hoffte, in dem Archiv noch weiteres unbekanntes Material über Theodor *Scheimpflug* zu finden. Der Leiter der Landesaufnahme, Hofrat *Neumaier*, beauftragte den Angestellten der photogrammetrischen Abteilung Dipl.-Ing. *Muzik* mit den Nachforschungen. Es konnten aber nur mehr neue biographische Details erhoben werden. Nun wurde Prof. Dr. *Krames* mit der endgültigen Redigierung der Monographie betraut, der über seine Arbeit selbst in seiner Einleitung berichtet.

Der Vollständigkeit halber möge noch erwähnt werden, daß nach dem 1955 erfolgten Tode der Frau Marianne *Boller* das *Scheimpflug*-Archiv aufgelöst wurde. Die noch vorhandenen *Scheimpflug*'schen Geräte und Instrumente wurden dem Technischen Museum übergeben, während der übrige Nachlaß vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen übernommen wurde.

A. Einleitung

von Prof. Dr. Josef Krames.

Als ich den ehrenvollen Auftrag erhielt, eine *Festschrift über Theodor Scheimpflug*, den Pionier der Luftbildmessung, auszuarbeiten, stellte ich mir vom Anfang an die Aufgabe, *Scheimpflugs* Leistungen in jeder Hinsicht objektiv darzulegen und darüber hinaus *Scheimpflugs* Ideen und Instrumente weitgehend mit den modernen Verfahren und Geräten der Luftphotogrammetrie in Parallele zu stellen. Dies soll nicht bloß dem Interesse der Leser von heute entgegenkommen, vielmehr läßt sich aus einer solchen Gegenüberstellung besonders deutlich erkennen, welche nachhaltigen Anregungen aus *Scheimpflugs Lebenswerk* noch jahrzehntelang nach seinem Tode geschöpft werden konnten. Die Wirkung weit in die Zukunft kennzeichnet aber gerade die Genialität des Erfinders.

Als Grundlage für diese Festschrift dienten neben der sehr reichhaltigen Fachliteratur die bereits im Vorwort erwähnten Konzepte von Dipl.-Ing. Dr. W. Kern und das Manuskript der als Doktordissertation gedachten Arbeit von Dipl.-Ing. H. Nehammer über den „*Zeichenapparat*“ und einige weitere Entwürfe von *Scheimpflug*. Durch ihre gründlichen Studien in *Scheimpflugs Nachlaß* konnten Kern und Nehammer mehrere bisher unbekannt gebliebene Ideen und Entwürfe von *Scheimpflug* ans Tageslicht bringen. Hierüber soll im Rahmen dieser Festschrift zum ersten Male der Öffentlichkeit berichtet werden. Dies gilt vor allem für den „*Zeichenapparat*“, aus dem *Scheimpflug* ein für Luftaufnahmen brauchbares *Seitenstück zum Orelschen Stereoautographen* entwickeln wollte, ferner für den gemeinsam mit Kammerer geschaffenen „*Auto-Stereograph*“, einem *Vorläufer der Zweibildinstrumente mit mechanischer Projektion*, sowie für einige weitere Geräntwürfe. Unbekannt blieben ferner einige *Inversoren*, die *Scheimpflug* während der Entwicklung seiner Umbild- und Entzerrungsgeräte als „*Abstandsteuerungen*“ ins Auge faßte. Gelegentlich werden auch aufschlußreiche Stellen aus *Scheimpflugs* umfangreichem Schriftwechsel mit Fachgelehrten wiedergegeben.

Über die einzelnen Abschnitte der Festschrift sei hier noch folgendes bemerkt: Die Schilderung der Lebensschicksale und einen *allgemeinen Überblick über Scheimpflugs Schaffen* konnte niemand wirklichkeitstreuer und lebendiger in Erinnerung rufen als sein Lehrer und Zeitgenosse *Eduard Doležal*, der vor kurzem (am 7. 7. 1955) verstorbene erste Ehrenpräsident der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie. *Doležals* Nachruf aus dem Jahre 1911 kam daher im Abschnitt B in einer von *Präsident K. Lego* umgearbeiteten und mehrfach erweiterten Form zur Wiedergabe. Der Abschnitt C bringt sodann eine gekürzte und moderner Ausdrucksweise angepaßte Fassung der Veröffentlichung von *Scheimpflug* aus dem Jahre 1898. Hierin sind bereits die Grundlagen für die meisten Erfolge *Scheimpflugs* enthalten. Die drei Hauptarbeitskreise *Scheimpflugs*, a) die *Doppelprojektion*, b) die *Umbildung oder Entzerrung*

photographischer Bilder und c) die *Landvermessung aus der Luft*, werden in den von mir herrührenden Abschnitten D, E und F eingehend behandelt. Im Abschnitt F wird auch auf die Tätigkeit des erst nach *Scheimpflugs* Tod gegründeten „*Institutes für Aerophotogrammetrie*“ näher eingegangen, ebenso auf den tragischen Fliegertod des Leiters dieses Institutes G. Kammerer, des treuen Mitarbeiters *Scheimpflugs*. Anschließend beschreibt *Präsident K. Lego* im Abschnitt G den *Entfernungsmesser von Scheimpflug und Doležal*. Dieses Gerät ist hier wegen seines Zusammenhanges mit der *Scheimpflugschen* Doppelprojektion von Interesse. Den Abschluß bildet das *Verzeichnis* sämtlicher Veröffentlichungen und Patentschriften von *Scheimpflug* und der übrigen in der Festschrift erwähnten Literatur (Abschnitt H). Auf die einzelnen Abschnitte wird im Laufe dieser Festschrift immer nur mit dem betreffenden Buchstaben B, C, ... verwiesen. Die in den eckigen Klammern beigefügten Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schlusse.

Von den Textfiguren wurden die Abbildungen 1–6 nach *Scheimpflugs* Veröffentlichung aus d. J. 1898, die Abbildungen 14–17 nach Zeichnungen, die im „*Scheimpflug-Archiv*“ vorliegen, die Abbildungen 18, 38 nach einer Patentschrift bzw. nach einem Aufsatz von Kammerer reproduziert. Für die Abbildung 7, 37 hat die Firma Zeiß-Aerotopograph, für die Abbildungen 11, 12, 43 und 44 die Firma Wild Heerbrugg AG. die Druckstöcke zur Verfügung gestellt. Die Abbildung 45 stammt von *Präsident Lego*, Abb. 46 wurde der Patentschrift [25] entnommen. Die Originalzeichnungen für alle übrigen Textfiguren wurden von mir selbst angefertigt.

Von den der Festschrift beigefügten Kunstdrucktafeln wurden die Tafeln II, IV, IX, XI und XIV von der Firma Zeiß-Aerotograph in München, die Tafeln III, V, und X von der Firma Wild Heerbrugg AG. in Heerbrugg kostenlos beigegeben. *Hiefür und für die weitere tatkräftige Unterstützung bei der Vorbereitung dieser Festschrift sei beiden Firmen auch an dieser Stelle der wärmste Dank ausgesprochen.* Die Vorlagen für die Tafeln VI, VII, VIII, XII und XIII konnten dem *Scheimpflug-Archiv* bzw. einer Veröffentlichung von *Scheimpflug* entnommen werden.

B. Theodor Scheimpflugs Leben und Wirken

Von Hofrat Prof. Dr.h.c.mult. E. Doležal † und Präsident Dipl.Ing. Karl Lego

I. VORBEMERKUNG

Ursprünglich war beabsichtigt, den von Hofrat *Doležal* gleich nach *Scheimpflugs* Tod veröffentlichten Nachruf [58] in unveränderter Form zum Abdruck zu bringen. Aber der Autor war selbst dagegen und wollte eine Neubearbeitung, wofür er mich als Mitarbeiter ausersehen hatte. Maßgebend für die Neufassung war der gewaltige Fortschritt der photogrammetrischen Wissenschaft sowie das neue biographische Material, das die *Scheimpflug-Forschung* seither zutage gebracht hat. Waren auch seinerzeit *Scheimpflugs* Ideen vielfach umkämpft – heute haben sie sich durchgesetzt. Wenn auch zahlreiche seiner Arbeits-

ergebnisse inzwischen Gemeingut der Photogrammeter geworden sind, so ist doch sein Name wie sein Lebenswerk noch viel zu wenig bekannt.

Leider hat *Doležals* Ableben am 7. 7. 1955 die Inangriffnahme dieser Neubearbeitung zunächst verhindert. Nun fand ich aber vor kurzem im Nachlaß *Doležals* bisher unbekanntes Aufzeichnungen und Notizen über *Scheimpflug*, die ich ebenso wie Teile eines Aufsatzes von *K. Peucker* [87a] samt dem von Dipl.-Ing. *H. Muzik* im *Scheimpflug-Archiv* gefundenen biographischen Material, neben eigenen Erhebungen, in das von *Doležal* verfaßte Lebensbild eingebaut habe. Auch Prof. *Krames* bin ich für viele wertvolle Ergänzungen zu Dank verpflichtet.

K. Lego

II. JUGENDZEIT UND DIENST BEI DER KRIEGSMARINE

(1865–1896)

Der Boden der Heimat und das Blut der Vorfahren sind die Wurzeln, aus denen sich die Persönlichkeit eines Menschen bildet. Dies bewahrheitet sich auch bei *Theodor Scheimpflug*, dessen Lebensweg sich geradlinig und folgerichtig, trotz ungeheurer Mühen und Kämpfe, entwickelte und zur Erfüllung seiner sich einmal gestellten Aufgabe führte, die ihm schon im jugendlichen Alter — fast visionär — zum Bewußtsein gekommen war.

Von väterlicher Seite her stammte *Theodor Scheimpflug* aus der Kremser und Badener Gegend, zwei gesegneten Landstrichen Niederösterreichs. Sein Großvater, *Franz Scheimpflug*, geboren 1802 in Traiskirchen bei Baden, ließ sich als Kaufmann in Znaim nieder, wo er ein eigenes Haus erwarb. Dort wurde Theodors Vater, *Josef Scheimpflug* (1829–1891), geboren, der das Doktorat aus Philosophie an der Wiener Universität erwarb und zuerst Konzeptsbeamter im Finanzministerium und schließlich Direktor der Allgemeinen Depositenbank in Wien war.

Seine Mutter gehörte der bekannten aus Südtirol stammenden Beamtenfamilie *Rinna von Sarenbach* an. Ihr Großvater *Johann* (1764–1846) trat nach Vollendung seiner juristischen Studien in den öffentlichen Dienst. Im Laufe der Jahre wurde er Gubernialrat in Triest und war auch vier Jahre mit der Leitung der Landesregierung von Dalmatien betraut. Nach der Errichtung des illyrischen Königreiches ging er nach Wien, wo er schließlich die angesehene Stellung eines k. k. Hofrates bei der allgemeinen Hofkammer bekleidete. Infolge seiner großen Erfahrung auf dem Gebiete der staatlichen Verwaltung wurde er in viele Hofkommissionen berufen und gehörte auch seit 28. Dezember 1815 der k. k. Grundsteuerregulierungs-Hofkommission an, die das neue Grundsteuersystem vorzubereiten hatte. Vom Kaiser wurde er geadelt, von den Landständen von Tirol in den Landstand berufen.

Sein Sohn *Ernst* (1793–1837), der Großvater *Theodor Scheimpflugs*, promovierte an der Wiener Universität zum Doktor der Medizin und erwarb sich durch seine praktische Tätigkeit und seine wissenschaftlichen Arbeiten einen so geachteten Namen, daß er zum Hofarzt ernannt wurde.

Theodor Scheimpflug wurde am 7. Oktober 1865 in Wien geboren. Nach Absolvierung der vier unteren Klassen des Akademischen Gymnasiums in Wien kam er an die *Marine-Akademie in Fiume*, da ihn von Jugend auf eine begei-

sterte Liebe zum Seemannsberuf erfüllte. Im vierten Jahrgang hörte er bei *Prof. E. Mayer*, der auch als Geograph bekannt war, Praktische Geometrie. Bei den dazu gehörigen Vermessungsübungen pflegte der Professor seinen Schülern abends im Gasthaus von Gebieten seines Faches zu erzählen, die in den Schulstunden nicht erwähnt wurden. Und so erzählte er ihnen eines Abends auch von der neuen Wissenschaft, der *Photogrammetrie*, und wie diese durch eine einzige photographische Aufnahme das mühsame Ausmessen der vielen Detailpunkte erspare. Da kam dem jungen *Scheimpflug* der Gedanke, daß man die Rekonstruktion der photographischen Aufnahme auch auf optisch-mechanischem Wege müsse durchführen können, wodurch alle mühsamen und zeitraubenden Arbeiten der graphischen und rechnerischen Verfahren überflüssig würden. Dieser 1883 aufgetauchte Gedanke beschäftigte ihn von da an dauernd. Im selben Jahr absolvierte er die Marine-Akademie mit doppelter Auszeichnung und wurde als *Seekadett* der Kriegsmarine ausgemustert.

Nun kam auch für ihn die Zeit, in der er als junger Marineoffizier weite Schiffsreisen zu machen hatte. Diese erweiterten seinen Gesichtskreis und stählten ihn körperlich und geistig für seinen schweren und verantwortungsvollen Beruf. Hiebei bemühte er sich auch, seine Kenntnisse in der serbokroatischen, italienischen, französischen und englischen Sprache zu vervollkommen. Er machte sich schon damals Gedanken, ob ihn der Seemannsberuf auf die Dauer befriedigen werde, und schmiedete auf seinen Seereisen verschiedene Zukunftspläne. So schrieb er 1884 nach Hause: „... heute denke ich so, morgen so, und die Briefe sind Stimmungsbilder.“ Einmal äußerte er die Absicht, den Seemannsberuf, sobald er Linienschiffsleutnant wäre, aufzugeben und sich für den Beruf eines Forschungsreisenden vorzubereiten. Ein anderes Mal schreibt er: „... mein Glück wäre als vollkommenes zu bezeichnen, wenn es mir gelänge, in diesem Winter eine meiner Ideen derart zu verwirklichen, daß ich damit an die Öffentlichkeit treten könnte, um so eine Basis für weiteres Handeln zu gewinnen.“

Nach Ablegung der Offiziersprüfung im Jahre 1887 wurde er 1888 zum *Linienschiffsführer* befördert und der geophysikalischen Abteilung des Hydrographischen Amtes in Pola zugeteilt, sodann zwei Jahre später der Marine Sternwarte. Diese Tätigkeit schien ihm mehr befriedigt zu haben, denn nun hatte er Gelegenheit, sein Wissen zu erweitern. Unter anderem hörte er auch im Militär-Kasino die Vorträge über Photogrammetrie, die der Professor der Militär-Unterrealschule *F. Schiffner* hielt und 1892 in Buchform unter dem Titel „*Die photographische Meßkunst*“ [97] herausgab. Dieses Werk, das als erstes Lehrbuch der Photogrammetrie in Österreich erschienen ist, enthält bereits einen Abschnitt über einige Grundprinzipien der Bildmessung mittels Ballon-Photographien. Diese Vorträge sowie die auf seinen Seereisen gemachten Erfahrungen mit unvollkommenen Seekarten brachten ihn neuerdings auf die Ideen, die er schon in der Schulzeit gehabt hatte und die auf die Entwicklung eines zweckmäßigeren Verfahrens zur Herstellung von Landkarten hinausliefen. Aber sein selbstbewußtes und rechthaberisches Wesen, das Gefühl einer geistigen Überlegenheit, führten immer wieder zu Differenzen mit seinen Vorgesetzten. Er schrieb — es dürfte Ende 1894 gewesen sein — in sein Tagebuch: „*Bis Mai diene ich, um Linienschiffsleutnant zu werden; dann habe ich mit meiner Karriere als Marineoffizier abgeschlossen. Ich habe dann zwei Möglich-*

keiten. Entweder mit der Zeit in der Marine Hydrograph zu werden oder die Technik zu absolvieren. Stehen die Aktien im Mai für den ersteren Weg günstig, so bleibe ich noch ein Jahr auf der Sternwarte und trachte dann auf ärarische Kosten zwei Jahre auf die Universität zu kommen; offiziell um Astronomie und Meteorologie zu hören. Außerdem möchte ich aber die Technik beginnen. Anschließend daran oder mit einer kurzen Unterbrechung vollende ich dann in zwei Jahren Karenzurlaub die technischen Studien und erwerbe mir als aktiver Offizier, mit Offenhaltung der Möglichkeit, Hydrograph zu werden, das Ingenieurdiplom. Stehen die Sachen im Mai ungünstig oder erscheint es mir sonst opportun, so nehme ich mir gleich den ersten Karenzurlaub, prolongiere ihn auf zwei Jahre und lasse für das Weitere die Götter sorgen.“ Noch im Jahre 1894 erwarb er das Patent: „Kapitän langer Fahrt“, scheinbar um den Weg in die Handelsmarine offen zu haben. Die nächste Eintragung in seinem Tagebuch – sie ist vom 26. Jänner 1895 – besagt, daß er in eine viergliedrige Kommission zum Studium der Gezeiten der Adria gewählt worden sei. Aber noch im Jahre 1895 nahm er einen Urlaub, um seine Studien in Wien zu ergänzen. „Er trat“, wie Peucker berichtet, „zunächst in die Handelsakademie in Wien ein und bestand nach einem Jahr die Prüfungen. Dann machte er als zweiter Kapitän des Handelsdampfers ‚Illyria‘ der Austro-Americana eine Fahrt nach Amerika mit.“ Scheimpflugs Vater schrieb in dem seinem Sohne mitgegebenen Geleitbrief an den damaligen Leiter der New-Yorker Staatszeitung: „Er kommt ohne Schuld, ohne Schulden, mit einfachen Bedürfnissen. Er hat bereits 15 Dienstjahre und davon 7 zur See gedient . . . Ich war vollkommen einverstanden, daß er die Friedensjahre nicht in ruhiger Behaglichkeit in Pola bleibe, sondern selbst die Verhältnisse des Handels und des Verkehrs der Handelsmarine durch unmittelbares Einspringen kennen lerne, um sie für seine Heimat später verwenden zu können. Er hat von seinem Vater eine merkantile Ader, und, ich glaube, auch die erforderliche Ausdauer.“

III. VORBEREITUNG AUF DIE LEBENSARBEIT

(1896–1901).

Scheimpflugs Fahrt auf der „Illyria“ verlief ungünstig. Da er nicht wie vereinbart als zweiter, sondern als dritter Offizier eingeteilt wurde, kam es zu Zwistigkeiten mit dem Kapitän. Diese führten, obschon beigelegt, dazu, daß Scheimpflug noch vor Ende der Fahrt nach Wien zurückkehrte. Hier inskribierte er an der Maschinenbauschule der Technischen Hochschule, und zwar 1895/96 und 1896/97 als außerordentlicher, 1897/98 als ordentlicher Höhrer. Die ersten vier Semester wurden ihm später auf Grund der Absolvierung der Marine-Akademie für das Studium als ordentlicher Höhrer anerkannt. Er besuchte neben allgemein bildenden Fächern die nachstehend aufgezählten Fachgegenstände, wobei die erzielten Prüfungsergebnisse in Klammern beigelegt sind: Photochemie, Photogrammetrisches Praktikum, Mathematik I und II (vorzüglich bzw. sehr gut), Elemente der Reinen Mechanik mit Übungen (sehr gut), Technische Mechanik I und II (beide sehr gut), Höhere Geodäsie I und II, Sphärische Astronomie, Optik, Meteorologie, Geologie I und II, Situationszeichnen, Darstellende Geometrie und Technische Physik.

Im Februar 1896 trat Scheimpflug anlässlich der Teilnahme am Photogrammetrischen Praktikum zum ersten Male mit E. Doležal, dem damaligen Lehrer dieses Faches, in Verbindung. Doležal schreibt hierüber: „ . . . ich wurde bald mit Scheimpflug näher bekannt und es entwickelte sich ein reger wissenschaftlicher Verkehr zwischen uns; hierbei bot sich mir reichliche Gelegenheit, mich von seiner wirklich idealen Begeisterung für die ihm vorschwebenden technischen Ziele, seiner hohen Begabung, seiner ungewöhnlichen Arbeitskraft, nicht minder auch von seiner persönlichen Liebenswürdigkeit aufs gründlichste zu überzeugen.“ Den ersten Berührungspunkt bildete die Idee Scheimpflugs, ein Telesystem mit variabler Brennweite als Distanzmesser für geodätische und militärischen Zwecke auszugestalten. Da sich Doležal schon einige Jahre vorher mit dem gleichen Gedanken beschäftigt hatte, arbeiteten beide an diesem Problem gemeinsam weiter und meldeten über Scheimpflugs Wunsch am 24. November 1896 ein gemeinsames reichsdeutsches Patent an. Näheres hierüber ist im Abschnitt G dieses Werkes enthalten.

Scheimpflug äußerte auch den Wunsch, sich an praktischen Anwendungen der Photogrammetrie beteiligen zu dürfen, um die Instrumente und Aufnahmehethoden noch eingehender kennenzulernen. Doležal bekam damals von der Zentralkommission für Kunst- und historische Denkmale den Auftrag zu einer photogrammetrischen Probeaufnahme der Pfarrkirche St. Leopold in Gersthof. Er führte diesen Auftrag nach dem System Meydenbauer durch. Über Doležals Aufforderung arbeitete Scheimpflug mit und war an allen Feld- und Hausarbeiten beteiligt, ebenso auch bei der darauffolgenden Aufnahme der Karlskirche. Scheimpflug hatte aber auch Gelegenheit, sich mit allen Arbeiten der photogrammetrischen Terrainaufnahme vertraut zu machen.

Erst nach mehrmonatlicher Bekanntschaft, anlässlich der Aufnahme in Gersthof, sprach Scheimpflug von seinen photogrammetrischen Ideen, denen er später seine ganze Arbeitskraft widmete. Er erklärte, daß ihm die Auswahl charakteristischer Punkte, ihre Identifizierung auf zusammengehörenden Photogrammen, die Ausmessung der Bilder, dieses ganze mühevoll, im Gegensatz zu der Kürze der eigentlichen Aufnahme sehr langwierige Rekonstruktionsverfahren unrationell und unökonomisch erscheine. Er gab mit größter Energie der Überzeugung Ausdruck, daß die Photographie direkt ein ideal vollendetes Abbild irgendeiner Gegend biete, wie es eben auch die Karte sein solle. Warum zerreiße man die Photographie in unzählige Punkte, um ihre Positionen zu rechnen und sie dann wieder mühsam zeichnerisch zu verbinden? „Diese ganze Arbeit müsse das Licht besorgen.“ Seine Gedanken über die Herstellung einer Photokarte eines aufgenommenen Geländes hat Scheimpflug bereits im Jahre 1896 in einem bei der Akademie der Wissenschaften in Wien eingereichten versiegelten Schreiben niedergelegt (siehe D III). Diese Idee der „Photokarte“ oder der Karte als Photographie verfolgte Scheimpflug mit Energie und Ausdauer. Zu diesem Zwecke wurden an der Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien mit bereitwilligsten Entgegenkommen ihres Direktors Regierungsrat J. M. Eder und der wertvollen Unterstützung der Wiener Firma Lechner (Müller) Versuche durchgeführt, denen auch Prof. Doležal beigezogen war. Diese Versuche zeitigten schließlich den gewünschten Erfolg, worüber Scheimpflug auf dem später erwähnten Vortrag in Braunschweig (September 1897) berichtete.

Im Jahre 1896 hatte *Doležal* die *Meßbildanstalt Meydenbauers* in Berlin besucht und dort zwei Monate gearbeitet. Im Jahre 1897 beschloß er ferner, die phototopographischen Aufnahmen des *Wiener Militärgeographischen Institutes* kennenzulernen. Er wandte sich an den Kommandanten des Institutes *Feldmarschalleutnant v. Steeb* mit der Bitte, bei den photogrammetrischen Geländeaufnahmen mitarbeiten zu dürfen. Über *Doležals* Anregung suchte auch *Scheimpflug* im Wege seiner vorgesetzten Marinebehörde darum an. Hierauf wurden beide eingeladen, im Sommer 1897 an den photogrammetrischen Arbeiten der Mappierungsabteilung, die unter der Leitung des technischen Oberoffizials *F. Pichler* im Mangart- und Triglavgebiet ausgeführt wurden, teilzunehmen. *Doležal* schreibt hierüber: „Hiebei trat ich neuerdings in engeren Verkehr mit *Scheimpflug*. Es waren unvergeßliche Tage für mich, die wir in der Baumbachhütte im Isonzotal, wo der große Lyriker seinen Zlatorog schrieb, verbrachten. Vier von der hohen Bedeutung der photographischen Meßmethoden durchdrungene Männer: *Major Baron Hübl*, der zur Inspizierung im Isonzotal weilte, *Theodor Scheimpflug*, *F. Pichler* und der Schreiber dieser Zeilen machten die Baumbachhütte zu einem Diskussionsaal für photogrammetrische Probleme.“

Scheimpflug wurde hier durch *Hübl* die Gelegenheit geboten, den erkrankten Leiter der photogrammetrischen Abteilung zu vertreten. Er tat dies freudig und mit solchem Erfolg, daß beim Wiedereintrücken des Offiziers die Frage aufgeworfen wurde, ob nicht eine zweite Abteilung zu bilden wäre. Dies erwies sich jedoch als nicht möglich.

Während des Aufenthaltes auf der Baumbachhütte forderte *Doležal Scheimpflug* auf, mit ihm die 69. Tagung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in Braunschweig (September 1897) zu besuchen. *Scheimpflug* sagte zu, beide nahmen an der Tagung teil und hielten dort Vorträge. *Scheimpflug* sprach über die *Doppelprojektion* oder das *optische Vorwärtseinschneiden* unter dem Titel: „Über die Verwendung des Skioptikons zur Herstellung von Karten und Plänen aus Photographien.“ Es war das erste Mal, daß er mit seinen Ideen vor die Öffentlichkeit trat. *Scheimpflug* hatte schon gefürchtet, nicht das notwendige Interesse zu finden. Als er aber seinen Vortrag mit einem begeisterten Ausblick auf die Zukunft schloß, umbrauste ihn ein Sturm des Beifalls. In einem Brief an seinen Vater hebt er hervor, wie viel neuen Mut ihm dieser Erfolg gegeben habe. Diesen Vortrag veröffentlichte er 1898 in der Photographischen Korrespondenz (siehe C).

Bald darnach wurde *Scheimpflug* von *Doležal* nahegelegt, sich um die Aufnahme ins *Wiener Militärgeographische Institut* zu bewerben, da nur ein so großes Amt in der Lage wäre, seine kostspieligen Versuche durchzuführen; außerdem sei es für ihn wertvoll, die Arbeiten für die Landesaufnahme kennenzulernen. *Scheimpflug* befolgte den Rat und wurde auf Grund einer Befürwortung von *Hübl* und *Doležal*, wahrscheinlich auch in Anbetracht seines Erfolges in Braunschweig, mit 1. Dezember 1897 auf ein Probejahr dem Institute zugeteilt.

Er arbeitete zuerst in der *Photogrammetrischen Abteilung*, kam aber schon nach ganz kurzer Zeit zur *Astronomisch-Geodätischen Gruppe*, deren Vorstand Oberst *R. Daublebsky von Sterneck* war. *Scheimpflug* hatte nun mit dem Bergkommissär *M. Holler* Temperaturmessungen im Quecksilberbergwerk von *Idria*

durchzuführen und veröffentlichte deren Ergebnisse 1899 in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien [3]. *Scheimpflug* wurde dann bei Triangulierungsarbeiten in Galizien, Kärnten und Krain, sowie beim Präzisionsnivellement in Bosnien verwendet. Im Winter war er meistens mit der Berechnung von Triangulierungen und der Reduktion von Pendelmessungen beschäftigt.

In die Photogrammetrische Abteilung, die der Topographischen Gruppe unterstand, kam er nicht mehr zurück. Dies war für seine weitere Entwicklung bedauerlich, denn 1901 begannen im Institut die ersten Versuche mit der von *C. Pulfrich* in Jena entwickelten *Stereophotogrammetrie*. Wien und Jena waren damals die einzigen Orte, wo man diese neue Vermessungsmethode, die selbst an Hochschulen noch nicht gelehrt wurde, kennenlernen konnte.

Aber auch in dem persönlichen Verhältnis *Scheimpflugs* zum Institut trat eine Spannung ein. *Scheimpflug* war am 1. Mai 1898 zum *Linienfahrleutnant zweiter Klasse* befördert und 1899 anlässlich seiner definitiven Übernahme ins Institut ohne seine Zustimmung als *Hauptmann zweiter Klasse* in den Armeezustand überführt worden. *Scheimpflug*, der sich mit Leib und Seele der Marine verbunden fühlte, konnte diese Überstellung nicht verwinden.

Noch im selben Jahre — 1899 — starb sein Vater und er kam in den Besitz eines nicht unbeträchtlichen Vermögens, das ihn nunmehr in die Lage versetzte, sich ganz seiner Lebensaufgabe zu widmen und die Durchführung seiner meist kostspieligen Versuche selbst zu finanzieren. Bis dahin hatte er noch niemanden gefunden, der ihn in dieser Hinsicht unterstützt hätte. Vielleicht ahnte er auch, daß seine Lebensdauer beschränkt sei und er den vollen Erfolg seiner Arbeiten nicht mehr ernten werde. Im Jänner 1901 erhielt er den erbetenen Urlaub mit Wartegebühr und 1904 die angestrebte Versetzung in den Ruhestand.

IV. TÄTIGKEIT ALS UNABHÄNGIGER FORSCHER

(1901 — 1911).

Durch die Mißhelligkeiten der letzten Jahre war *Scheimpflug*, obschon er manches davon selbst verschuldet hatte, sehr verbittert. *Peucker* schildert ihn als einen scheu und mißtrauisch gewordenen Menschen, der sich vom gesellschaftlichen Leben ganz zurückzog. Um so mehr vertiefte er sich in seine Lebensaufgabe und widmete alle seine Kräfte vom Antritt seinesurlaubes bis zu seinem Tode der Herstellung von Karten und Plänen auf photographischem Wege, dem Problem seiner „Photokarte“.

Schon im Jahre 1897, als er mit *Doležal* den photographischen Aufnahmen des Militärgeographischen Institutes beiwohnte, hatte er die Ansicht geäußert, daß zur Schaffung der Photokarte nicht die terrestrische, sondern allein die *Aerophotogrammetrie* die günstigsten Voraussetzungen biete (siehe D III). Von dieser Überzeugung geleitet, stellte *Scheimpflug* zunächst eine Reihe von Drachenversuchen an, um vorderhand ohne kostspielige Ballonaufnahmen geodätisch verwertbare Photographien aus der Höhe zu erhalten.

Über die Resultate seiner Arbeiten berichtete *Scheimpflug* in zwei Publikationen: 1. „Über österreichische Versuche, Drachenphotogramme karto-

graphisch zu verwerten [4] und 2. „Über Drachenverwendung zur See“ [6].

Er beschäftigte sich auch mit der Herstellung verschiedener Typen photographischer Ballon- und Drachenapparate mit horizontaler, vertikaler und geneigter Bildebene, endlich auch mit kombinierten Bildebenen, und so entstanden die *Scheimpflugschen Panoramengeräte*, welche ein sehr großes Aufnahmegebiet umfaßten (siehe *F, II*).

Anregungen, die er am Berliner Aeronautischen Kongreß erhielt, fanden hierbei Verwendung. Bei den Versuchen, in der Drachentechnik Erfahrungen zu sammeln und die brauchbarste Drachentype zu ermitteln, unterstützte ihn der am Militärgeographischen Institut tätige und in aviatischen Kreisen als Flugtechniker bestbekannte *H. Nickel* („*Nikel-Drachen*“). Die Versuche kamen, vielfach von Mißgeschick begleitet, nicht zum Abschluß; als ein Ergebnis kann aber *Scheimpflugs Stabilitätstheorie der Drachen für Ingenieurzwecke* gelten, die er 1910 veröffentlichte [14]. Seine Drachenversuche zu Vermessungszwecken waren die ersten in Österreich; nur *Thiele* in Rußland war damit vorgegangen.

Nach diesen Vorarbeiten ging *Scheimpflug* an die Lösung der Frage, wie sich Drachen- und Ballonphotographien am besten zur Herstellung von Karten und Plänen verwerten ließen. Vor allem beschäftigte ihn hierbei das Problem, die auf geneigte Bildebenen gemachten Aufnahmen in solche zu transformieren, die einer horizontalen Bildebene entsprechen. Diese Transformation war für die Verwertung von Panoramenaufnahmen von ausschlaggebender Bedeutung. Das Resultat der diesbezüglichen Studien war der *Photo-Perspektograph*, ein Phototransformator, den *Scheimpflug* im Laufe der Jahre vielfach umbaute und so verschiedene Typen desselben schuf (siehe *E, III*).

Scheimpflugs Bestreben war es stets, seine Erfindungen in seinem Vaterlande zu verwerten. Da er aber hier trotz aller Bemühungen nur wenig Interesse und keine Unterstützung fand, suchte er ausländische Kreise zu gewinnen. 1906 beteiligte er sich an der „*Österreichischen Ausstellung*“ in London, wo er mit seinem Photoperspektograph (siehe *E, III*) zum ersten Male vor die Öffentlichkeit trat und auch einige damit auf den Kartengrundriß entzerrte Schrägaufnahmen vorführte. Hier lernte er den österreichischen Ingenieur *G. Kammerer* kennen, mit dem er bis zum Tode in Verbindung blieb. *Kammerer* schreibt selbst über diese Begegnung [77]: „... seit der Zeit fesselte mich der hochbegabte, unermüdete Forscher und seine Sache so gewaltig, daß wir uns durch technisch-wissenschaftlichen Gedankenaustausch allmählich eng und enger zusammenfanden...“

Im Jahre 1906 nahm *Scheimpflug* noch am V. Kongreß der Internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt in Mailand teil, wo er in französischer Sprache einen Vortrag über Ballonphotogrammetrie hielt [8], ferner an der 78. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Stuttgart, bei der er ebenfalls das Wort ergriff.

Die beim Stuttgarter Vortrag bereits zusammenfassend dargelegten Ergebnisse seiner Studien über die Landesvermessung aus der Luft veröffentlichte er im Jahre 1907 in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften unter dem Titel: „*Die Herstellung von Karten und Plänen auf photographischem Wege*“ [9]. Er hatte damit die theoretische Vorbereitung seiner Photokarte zu einem vorläufigen Abschluß gebracht. Sein nächstes Ziel war

nunmehr, selbst Ballonfahrten zu machen und die dabei hergestellten Panoramenaufnahmen praktisch auszuwerten.

Er unternahm drei Ballonflüge, deren Kosten er selbst trug. Der erste Flug am 22. Mai 1907 dauerte $5\frac{1}{4}$ Stunden. Sein Zweck war, den achtfachen Panoramengerät zu erproben und Erfahrungen über Abblendung, Belichtungszeit, Plattensorte usw. zu gewinnen. Der zweite Flug fand am 13. September 1907 mit einer Dauer von $5\frac{3}{4}$ Stunden statt und galt der Erprobung der neuen Vorrichtung für die Horizontalstellung des Aufnahmegerätes und der inneren Einrichtungen des Korbes. Dabei konnten nicht mehr als 20 Aufnahmen zu je acht Bildern gemacht werden. Die Geschwindigkeit des Ballons war aber so groß, daß zwischen den einzelnen Panoramen beträchtliche Lücken klafften. Erst beim dritten Flug, der am 25. September 1907 durchgeführt wurde und nur drei Stunden währte, gelangen 20 Panoramenaufnahmen, die sich gegenseitig genügend überdeckten (siehe *F II bis IV*). Bei der Ausarbeitung der Aufnahmen des dritten Fluges wurde *Scheimpflug* u. a. von *J. Tschamler*, einem sehr geschickten und erfahrenen Kartographen des Militärgeographischen Institutes, tatkräftig unterstützt. Wegen der weiteren kartographischen Ausgestaltung seiner Photokarte trat *Scheimpflug* noch mit dem bekannten Erfinder der „*Farbenraumlehre*“, *K. Peucker*, in Verbindung (siehe *F, V*).

Im Laufe dieser Arbeiten reifte in *Scheimpflug* eine Reihe neuer Gedanken. Vor allem suchte er die Wiederherstellung der gegenseitigen Raumlage zweier übergreifender Aufnahmen, also die Lösung der „Hauptaufgabe der Photogrammetrie“ zu vervollkommen. Daran anschließend ersann er das Prinzip der *Aerotriangulation*, mit der er beliebige, zwischen geodätisch vermessenen Geländepunkten liegende Räume zu überbrücken gedachte (siehe *F, III*). Zur Auswertung der gegen die Erdoberfläche bereits orientierten Bilder bediente er sich zuerst eines *Kernflächenverfahrens* (siehe *F, IV*). Später entwickelte er seine „*Zonentransformation*“, um damit die Luftbilder eines beliebig gebirgigen Geländes abschnittsweise auf die Kartenprojektion umzuphotographieren (siehe *F, V*). Schließlich erfand er auch die „*Radialtriangulation*“ (siehe *F, VII*).

Scheimpflugs schöpferischer Geist kannte jedoch keine Ruhepause. Unermüdlich sann er darüber nach, wie er sein aerophotogrammetrisches Verfahren und die hierfür benötigten Instrumente immer weiter verbessern könne. Im Jahre 1908 gelang ihm gemeinsam mit *Kammerer* die Schaffung des *Universaltransformators*, des Endgliedes der mit dem ersten Photoperspektographen vom Jahre 1902 begonnenen Entwicklung (siehe *E, III*). Über andere Gerätentwürfe aus diesen letzten Lebensjahren *Scheimpflugs* wird im Abschnitt *D, II* ausführlicher berichtet. Hier sei nur noch auf die Entstehung eines dieser Geräte näher eingegangen. Als *Scheimpflug* am 8. April 1908 in der neu gegründeten *Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie* einen Vortrag „Über die Entwicklung und den derzeitigen Stand der Ballonphotogrammetrie in den verschiedenen Staaten“ gehalten hatte, berichtete anschließend der im Militärgeographischen Institut tätige Oberleutnant *E. v. Orel* zum ersten Male über den von ihm erfundenen und von der Wiener Firma *R. u. A. Rost* gebauten Apparat. Dieses später bei *Zeiß* in Jena weiterentwickelte Gerät, der *Stereoautograph*, gestattete erstmalig die automatische Auswertung terrestrischer Stereobildpaare einschließlich des Ziehens von Schichtenlinien. *Scheimpflug*

ging nun sofort daran, ein Seitenstück zu diesem Apparat zu konstruieren, mit dem beliebige Luftbildpaare in ähnlicher Weise verarbeitet werden sollten. Nach dem Vorbild von Orel legte Scheimpflug diesem „Zeichenapparat“ ebenfalls einen Stereokomparator zugrunde (siehe D, III). Einen solchen hatte er sich schon früher von der Firma Zeiß liefern lassen.

Er trat nun auch mit C. Pulfrich, dem Erfinder des zuletzt genannten Instrumentes, in nähere Verbindung. Beide lernten sich anlässlich des 2. Ferienkurses für Stereophotogrammetrie, der im Jahre 1910 in Jena stattfand, persönlich kennen. Das Interesse an der Aerophotogrammetrie blieb aber noch recht problematisch, solange neben Freiballons nur wenige lenkbare Luftschiffe zur Verfügung standen. Scheimpflug ließ sich aber dadurch keineswegs beirren, denn er war von den künftigen Fortschritten der Luftfahrt fest überzeugt. Dies veranlaßte ihn, wohl auch, sich an der „ILA“, der I. Internationalen Luftschiffahrttausstellung in Frankfurt a. M. (1909) zu beteiligen. Hier hielt er außerdem einen viel beachteten Vortrag „Über die technischen und wirtschaftlichen Chancen einer ausgedehnten Kolonialvermessung“ [13]. Sein Plan war, anlässlich dieser Ausstellung die Zeppelin-Gesellschaft für eine Probeaufnahme nach seiner Methode zu gewinnen, ebenso das Deutsche Kolonialamt für Aufnahmen in den Kolonien. Aber die genannte Gesellschaft stand bereits mit M. Gasser in Verbindung und auch das Kolonialamt verhielt sich ablehnend. Hingegen gelang es Scheimpflug, in Brasilien Interesse für seine Verfahren zu erwecken. Im Sommer 1911 sollte er dorthin eine Erkundigungsreise antreten; diese wurde aber durch seinen unerwarteten Tod verhindert.

Seine letzte Auslandsreise führte ihn nach Brüssel zur I. Internationalen Luftfahrtkartenkonferenz, die am 26. und 27. Mai 1911 abgehalten wurde. Auf dieser Tagung konnte sich Scheimpflug mit hoher Genugtuung die Überzeugung verschaffen, daß seine Lebensarbeit im Auslande die gebührende Beachtung gefunden habe. In einem Lichtbildervortrage, den Prof. Baron Berget von der Sorbonne in Paris über das Thema: „La Topographie et l'Aéronautique“ hielt, betonte dieser hervorragende Fachmann zunächst die Notwendigkeit der subjektiven Ähnlichkeit von Karte und Landschaft. Mit großer Wärme und Überzeugungskraft wies der Gelehrte auf die Aerophotogrammetrie des österreichischen Hauptmannes Theodor Scheimpflug hin, durch welche eine photographische Ansicht photomechanisch in ein naturwahres und geodätisch orientiertes Kartenbild mit stereoautographisch eingetragenen Höhenkoten transformiert wird.

Am Schlusse der Ausführungen Professor Bergets wurde Scheimpflug von der Versammlung, in der ja viele hervorragende Fachleute anwesend waren, aufs lebhafteste beglückwünscht und so wurde ihm die höchste moralische Auszeichnung zuteil, die er für seine Bestrebungen erwünschen konnte.

Von Brüssel reiste Scheimpflug trotz einer störenden Nasenschleimhautentzündung weiter nach London und Paris. Krank kam er zurück. Ein vernachlässigtes Nierenleiden kam ebenfalls zum Ausbruch, und er erlag seiner schweren Krankheit im Sanatorium seines Bruders in der Vorderbrühl am 22. August 1911, noch nicht 46 Jahre alt.

Scheimpflug wurden noch zu Lebzeiten zahlreiche Ehrungen von fachlichen Körperschaften zuteil. Er war Gründer und Ausschußmitglied der „Österreichischen und der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie“. Er

erhielt den Ehrenpreis, die höchste Auszeichnung der Internationalen photographischen Ausstellung in Dresden (1909), eine goldene Medaille für außerordentliche Verdienste auf der Österreichischen Ausstellung für Luftschiffahrt in Linz (1909) und die große silberne Voigtländer-Medaille von der Wiener Photographischen Gesellschaft.

Einsichtsvolle Luftschiffer erkannten bald, daß die Scheimpflugsche Photokarte der beste Wegweiser für sie sei, und propagierten lebhaft seine Ideen. So wurde er auch als geschätztes Mitglied in die „Internationale Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt“ und in das „Komitee zur Schaffung von Luftschifferkarten“ berufen.

Welch guten Ruf Scheimpflug besonders auch in Deutschland genoß, zeigt der Umstand, daß ihm von der Redaktion von Meyers Konversationslexikon die Bearbeitung des Artikels über „Ballon- und Drachenphotogrammetrie“ für den Supplementband der 6. Auflage im Frühjahr 1910 übertragen wurde, welche Aufgabe er auch in glänzender Weise noch im Juni 1911 zu Ende führte.

Es muß aufs lebhafteste bedauert werden, daß Scheimpflug uns im besten Mannesalter durch den Tod entrissen wurde. So wurde einer zielbewußten rastlosen Tätigkeit ein jähes Ende bereitet, eine stolze Flut hochfliegender Gedanken und Pläne zum Stillstand gebracht.

Es steht unzweifelhaft fest, daß es Scheimpflugs rastloser Arbeit gelungen ist, das Problem der Photokarte theoretisch zu lösen, die geeigneten Methoden und Apparate für die praktische Durchführung der Idee zu ersinnen und seinen Plänen in allen einsichtigen Fachkreisen die gebührende Anerkennung zu verschaffen.

Es ist nur ein Gebot der Pflicht, dankbar des Wirkens dieses Mannes zu gedenken, der sein reiches Können, seine unerschöpfliche Arbeitskraft und seine hohe Energie ganz der Sache der Photogrammetrie gewidmet hat. Er war sich bewußt, daß er nur der Wegbereiter einer im Werden begriffenen Wissenschaft sei. Ihre von Scheimpflug vorausgeahnte Entwicklung hat gezeigt, daß er die richtigen Wege gewiesen hat. Sein Name wird für immer mit der Geschichte der Aerophotogrammetrie unzertrennlich verbunden sein.

C. Die Verwendung des Skioptikons zur Herstellung von Karten und Plänen aus Photographien

Vortrag, gehalten 1897 in Braunschweig auf der 69. Versammlung der Naturforscher und Ärzte von Linienschiffsfähnrich Theodor Scheimpflug.

(Gekürzte Wiedergabe der unter obigem Titel 1898 in der Photographischen Korrespondenz erschienenen Mitteilung [2]).

I. DIE GRUNDLEGENDEN VERSUCHE

Das Wesen der Photogrammetrie bestand bis jetzt darin, das zu vermessende Objekt von zwei oder mehreren verschiedenen Standpunkten, die geodätisch festgelegt sein sollen, zu photographieren, und aus den Photographien mit Hilfe der Rechnung oder von graphischen Konstruktionen, die sich aus den Lehren der darstellenden Geometrie ergeben, den Grund- und Aufriß des Objektes zu konstruieren.

Weil jede Photographie ein streng perspektives Bild ist, dessen Augpunkt sich in endlicher, durch die Brennweite des verwendeten Objektivs gegebenen Entfernung befindet, während bei jeder orthogonalen Projektion der Augpunkt in unendlicher Entfernung liegt, so handelt es sich stets darum, aus zwei oder mehreren perspektiven Bildern mit gegebenen Augpunkten ein Bild in orthogonaler Projektion zu ermitteln. Die hierzu erforderlichen Konstruktionen müssen punktweise durchgeführt werden, und daher wird die Arbeit eine ganz beträchtliche, wenn das Objekt einigermaßen kompliziert war. Abb. 1 zeigt die erforderlichen Konstruktionen für einen Punkt, im vorliegenden Falle die Kirchturmspitze. Auch ist das Identifizieren zusammengehöriger Punkte auf verschiedenen Bildern nicht immer leicht.

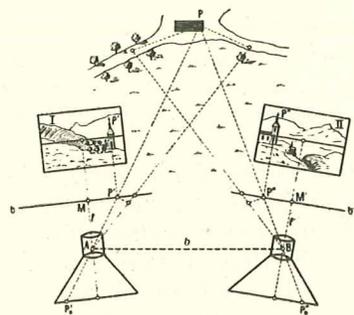


Abb. 1

Unter solchen Umständen lag die Frage nahe: *Sollte es nicht möglich sein, das Licht, welches uns die Bilder der Außenwelt in unglaublich kurzer Zeit auf die photographische Platte zauberte, auch hiezu zu verwenden, d. h. direkt auf optischem Wege aus den Photographien die Karten und Pläne herzustellen?*

Zwei Wege schienen wenigstens annähernd zum Ziele zu führen. Der eine sei als das *optische Vorwärtseinschneiden* bezeichnet, der andere als das *Verfahren der winkeltreuen Näherungsbilder*.

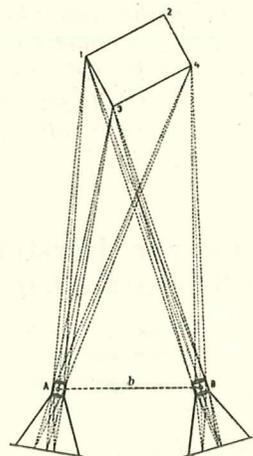


Abb. 2

Beim optischen Vorwärtseinschneiden war folgender Gedanke leitend: Wenn man ein Objekt von zwei Seiten photographiert, so gelangt ein Teil der Lichtstrahlen, die das Objekt nach allen Seiten aussendet, durch die Objektive auf die lichtempfindlichen Platten und erzeugt dort die Photographie (siehe Abb. 2). Gelänge es, diese Lichtstrahlen auf demselben Wege, auf dem sie

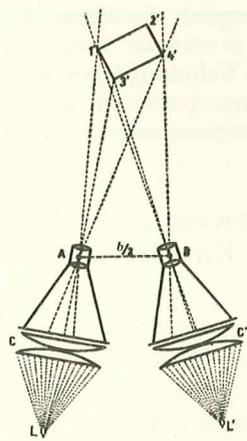


Abb. 3

gekommen, wieder von den Negativen zurückzusenden, so müßten sie sich wieder in jenen Punkten im Raume schneiden, von welchen sie ausgegangen sind.

Ist das Objekt, das zuerst photographiert wurde, nicht mehr an seinem Platze, so haben diese Schnittpunkte als geometrischen Ort ein plastisches Lichtbild des Objektes. Das Objekt wird von den Strahlen rücktransformiert.

Rückt man die beiden Negative, bevor das Licht durch sie zurückgesendet wird, einander näher, so wird dieses plastische Lichtbild entsprechend verjüngt sein (siehe Abb. 3).

Ist man endlich auf irgendeine Weise in der Lage, die Schnittpunkte zusammgehöriger Strahlen im Raume festzuhalten, so ist die gestellte Aufgabe gelöst, und das Licht hat den Löwenanteil der Arbeit verrichtet.

Hiezu dient am besten eine ebene Auffangfläche, die parallel zu sich selbst hin- und herbewegt werden kann. Fällt ein Schnittpunkt von zusammengehörigen Strahlen in diese Projektionsebene, so decken sich die von den beiden Negativen ausgesandten Bilder des bezüglichen Raumpunktes, fällt der Schnittpunkt vor oder hinter die Ebene, so sieht man zwei Bilder des fraglichen Punktes.

Von diesem Gedankengange war leicht der Weg zu folgendem Versuch gefunden. Ein Objekt mit deutlich erkennbaren Konturen, zuerst das *Modell eines Hauses*, später eine *plastische Karte*, wurde mit zwei ganz gleich dimensionierten photographischen Apparaten aufgenommen, nachdem die Apparate durch Anschrauben an einen Tisch unverrückbar fixiert worden waren.

Die entwickelten Glasbilder wurden dann wieder genau so, wie bei der Aufnahme die lichtempfindlichen Platten, in die Apparate eingesetzt, mit Hilfe von kräftigen Lichtquellen von rückwärts durchleuchtet und das Zimmer verdunkelt. Die Folge war, daß jetzt die Lichtstrahlen genau denselben Weg aus dem Apparate heraus nahmen, den sie bei der Aufnahme von außen nach innen verfolgt hatten. Das Objekt, das behufs Kontrolle der richtigen Stellung aller Teile noch auf seinem Platze stand, erschien grau in grau, ganz ohne Licht und Schatten, d. h. die dunklen Partien waren hell beleuchtet, die lichten wenig.

Nachdem man sich so die Überzeugung verschafft hatte, daß alles richtig eingestellt sei, wurde das Objekt entfernt und an seine Stelle eine ebene Auffangfläche gebracht. Jetzt trat folgende Erscheinung auf: Man konnte deutlich zwei Bilder unterscheiden, die sich gegenseitig überlagerten und durchsetzten, und bei Parallelverstellung der Projektionsebene sich verschoben, wobei es möglich wurde, idente Bildpunkte zur Deckung zu bringen und so die Lage der ihnen entsprechenden Raumpunkte zu ermitteln.

Es war sonach nicht schwer, den *Aufriß* des Architekturmodells, respektive den *Schichtenplan* und das *Gerippe* der *plastischen Karte* zu entwerfen, indem man nacheinander die identen Bildpunkte zur Deckung brachte. Für den Entwurf eines Aufrisses wurde hierbei ein vertikales, in horizontaler Richtung verstellbares Reißbrett, für das Zeichnen eines Schichtenplanes ein horizontales, in vertikaler Richtung verstellbares Tischbrett verwendet. Oder endlich für Grund- und Aufriß die Verbindung einer vertikalen, verstellbaren Auffangfläche mit einem horizontalen Tischblatt zu einem eigenen Zeichengestell.

II. OPTISCHE UND TECHNISCHE EINZELHEITEN

Zur praktischen Anwendung des optischen Vorwärtseinschneidens nicht nur auf Modelle, sondern zur Konstruktion von Aufrissen wirklicher Gebäude, oder von Schichtenplänen wirklicher Terrainteile sind eigenartig konstruierte Projektionsapparate nötig (siehe Abb. 4). Diese bestehen im wesentlichen aus einem Projektionsapparat, dessen Plattenträger sowohl um eine vertikale als

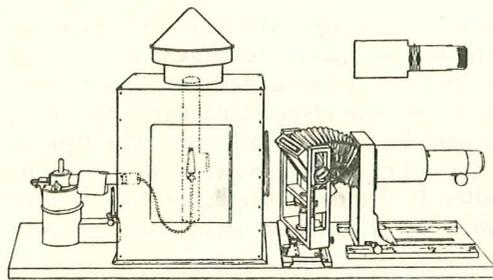


Abb. 4
Schema der „photogrammetrischen Lampen“ von Scheimpflug

auch um eine horizontale Achse frei und meßbar drehbar ist und mit Hilfe von Geradfürungen seitlich und in vertikaler Richtung verstellt werden kann. Das Objektiv dieses Apparates ist ein Teleobjektiv mit $\gamma = \frac{f_1}{f_2} = 1$ oder nahe 1.

Diese Einrichtung ist durch folgende Tatsache bedingt: Bei der Aufnahme sind in der Regel die Objekte so weit entfernt, daß alle Bildpunkte in eine Ebene fallen, welche mit der Brennebene nahezu zusammenfällt und daher auf der optischen Achse senkrecht steht. Sobald man aber in starker Verjüngung reproduzieren will, ergibt das ebene Bild stets nur wieder ein ebenes Bild. Nur die *relativ große Tiefenschärfe*, welche bei *kurzbrennweitigen Objektiven* erreichbar ist, ermöglicht es, beim „optischen Vorwärtseinschneiden“ noch ein plastisches Lichtbild zu erhalten. Wie oben gezeigt wurde, ist dieses der geometrische Ort der Schnittpunkte zusammengehöriger Strahlen. Um aber in dieser Richtung vom Objektiv nicht mehr verlangen zu müssen, als es leisten kann, muß das Projektionsbild jedes Punktes wenigstens annähernd dort erzeugt werden, wo es aufgefangen werden soll.

Das bedingt weiters, daß in der Regel die Ebene des Projektionsbildes mit jener des Diapositivs einen Winkel einschließen wird, der unter Umständen bis zu einem rechten auswachsen kann, d. h. das Instrument muß das *Projizieren im Winkel* im weitesten Maße gestatten.

Die optischen Bedingungen dieses Projizierens im Winkel sind (siehe Abb. 5), daß die *Schnittlinie der ersten Hauptebene des Objektivs mit der Diapositiv-ebene* und die *Schnittlinie der zweiten Hauptebene mit der Projektionsebene* konjugierte Gerade seien, und daß die Neigungswinkel β, β' , welche die Haupt-

ebenen des Objektivs mit den beiden Bildebenen einschließen, der Relation genügen:

$$\operatorname{tg} \beta' = \frac{f}{b_0 - f} \operatorname{tg} \beta.$$

Dabei bezeichnet f die Brennweite und b_0 den aus Abb. 5 ersichtlichen Abstand.

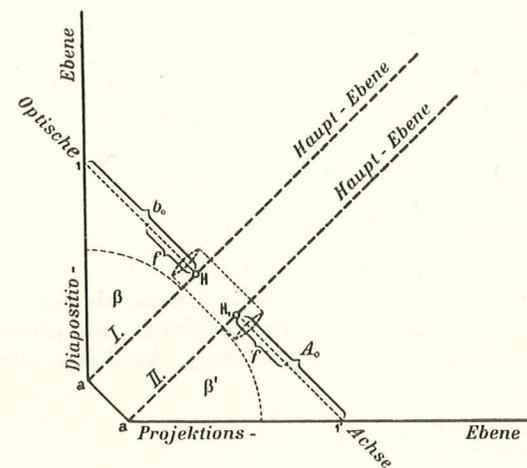


Abb. 5

Um aber bei gegebenem Neigungswinkel von Bild und Projektionsebene und einem bestimmten angestrebten Verjüngungsverhältnisse der Karte noch ein scharfes Bild zu erzielen, d. h. der obigen Relation genügen zu können, ist es nötig, daß die Brennweite des Objektivs kontinuierlich variabel sei, da sein erster Hauptpunkt stets mit dem wirklichen Augpunkt des Diapositivs, oder einem noch zu besprechenden Reduktionsaugpunkt zusammenfallen muß. *Es wurde daher ein Teleobjektiv gewählt* (siehe Abb. 4), obwohl ein solches bisher zu Projektionszwecken nicht verwendet wurde und den Nachteil eines kleinen Gesichtsfeldes hat.

Bei $\gamma = 1$ ist aber das Gesichtsfeld eines Teleobjektivs nahe dem erreichbaren Maximum. Außerdem bleibt aber auch für jede beliebige Äquivalentbrennweite des Systems der Abstand des ersten Hauptpunktes von der Vorderlinse und der Abstand des zweiten Hauptpunktes von der Hinterlinse stets unverändert, was sowohl die Konstruktion des Apparates als auch seine Handhabung wesentlich erleichtert.

Der erste Apparat dieser Type ging vor kurzem aus der Werkstätte der Firma *Lechner (Müller) in Wien* hervor und wird momentan von mir erprobt.

Das bisher beschriebene Verfahren entspricht aber nur den Bedürfnissen der Ingenieure und Architekten, das heißt aller jener, die genötigt sind, ihre Pläne in großem Maßstabe, etwa 1 : 50 bis 1 : 200 bei Gebäuden, 1 : 1000 bis 1 : 2500 im Terrain auszuführen. Der Topograph, dessen Karten ein viel kleinerer Maßstab zugrunde liegt, z. B. in Österreich 1 : 25.000, muß ganz anders

vorgehen. Im Maßstab 1 : 25.000 fällt unglaublich viel unter das Maß und darf gar nicht in die Karte kommen, wenn diese nicht überladen sein soll.

Andererseits muß gar manches in der Karte Platz finden, was in der Photographie gar nicht enthalten ist oder nicht deutlich genug sichtbar ist, z. B. Wege, Straßen, Flüsse usw., die stets in der Karte überhalten werden müssen, dann Grenzen und Namen.

Hier bedarf es also einer mehr summarischen, raschen und doch sicheren Methode, welche dem Topographen gestattet, aus den Bildern zu nehmen, was er braucht, wegzulassen, was er nicht braucht und ihm das schwierige und zeitraubende Verwandeln der perspektiven in orthogonale Bilder erspart. Hiezu dient das Verfahren der winkeltreuen Näherungsbilder.

Betrachtet der Topograph, der nur die Hauptformen will und vom Detail absieht, eine Hochgebirgslandschaft, so überkommt ihm die Lust, der Natur Gewalt anzutun, jede Berglehne, jedes Plateau, jede Talsohle usw. als eine schiefe Ebene aufzufassen und zu behandeln.

Hält man an dieser übertriebenen Vorstellung fest, so gibt die Geometrie ein Mittel an die Hand, jede solche schiefe Ebene als Ganzes zu behandeln und durch einfache photographische Reproduktion des photogrammetrischen Bildes ihre Horizontalprojektion, d. i. ein Stück der Karte, abzuleiten.

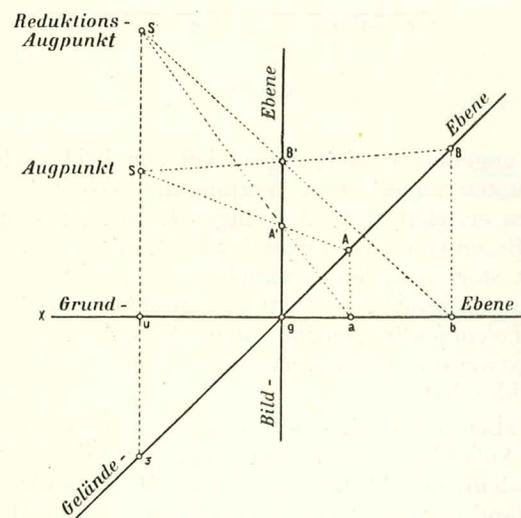


Abb. 6

Der Gedankengang, der hiezu führt, ist folgender (siehe Abb. 6): Eine ebene Figur AB und ihr photographisches Bild $A'B'$ sind zueinander perspektiv mit dem Augpunkt S als Zentrum. Desgleichen sind diese ebene Figur und ihre Horizontalprojektion perspektiv, wobei die Perspektivitätsstrahlen das Parallelenbündel der Vertikalen bilden, dessen Scheitel in unendlicher Entfernung liegt.

Ein Lehrsatz der projektiven Geometrie lehrt aber: Sind zwei ebene Gebilde zu einem dritten perspektiv, so sind sie untereinander kollinear, d. h. sie können ebenfalls in perspektive Lage gebracht werden. Geschieht das, so sind sie Schnittfiguren eines und desselben Strahlenbündels.

Bringt man an die Stelle des Scheitels S' dieses Bündels ein photographisches Objektiv, so kann die Horizontalprojektion als photographische Kopie des Perspektivbildes und umgekehrt erhalten werden.

Mit Benützung dieses Umstandes läßt sich also die Horizontalprojektion jeder als eben angenommenen Figur, seien es Berglehnen, Gletscher, Schneefelder, Hochplateaus, Talboden oder Seen, aus photographischen Bildern derselben durch photographische Reproduktion herleiten. Ist man in der Wahl der Ebenen, die sich dem Terrain anpassen sollen, nicht allzu ängstlich, so werden die nach diesem Verfahren erhaltenen Horizontalprojektionen allerdings nur erste Annäherungen an die richtige Karte sein.

Hat man sich aber ein nur mäßig dichtes Punktnetz durch das in Abb. 1 angedeutete graphische Vorwärts-Einschneiden geschaffen, so sind solche Näherungsbilder ganz vorzügliche Zeichenvorlagen zum Einzeichnen der Terrain-details in das Punktnetz. Der Zeichner kann dabei weglassen, was er will, überhalten und hinzufügen, was noch nötig ist, und braucht sich mit dem Umsetzen der perspektiven Bilder in den Grundriß nicht den Kopf zu zerbrechen.

Das optische Vorwärts-Einschneiden war schon im Herbst 1896 in der *Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien* an Modellen erprobt worden. Diese Versuche führten zu dem oben skizzierten Ergebnis, bewiesen aber auch, daß *eine Reihe technischer Fragen gelöst werden muß, ehe an eine praktische Verwendung des Verfahrens zu denken ist.*

1. Vor allem ergab sich die unbedingte Notwendigkeit des Projizierens im Winkel.
2. Weiters zeigte sich aber auch, daß die beiden Glasbilder genau gleich stark beleuchtet sein müssen, wenn ihre beiden Projektionsbilder gleichzeitig wahrnehmbar bleiben sollen.

Dagegen machten es die Versuche wahrscheinlich, daß, falls das optische Vorwärts-Einschneiden von praktischer Bedeutung werden sollte, dieses *einer bedeutend größeren Genauigkeit fähig wäre*, als die bisherigen graphischen Methoden der Bildauswertung.

Des weiteren ergab sich die Schwierigkeit, daß Teleobjektive beim Projizieren im Winkel insofern versagten, als sie bei dieser Art der Verwendung ganz enorm verzeichneten und eine bedeutende Bildwölbung zeigten, während ein symmetrisches Objektiv, z. B. ein Anastigmat von Zeiß, für sich allein verwendet, beim „Projizieren im Winkel“ sehr schöne Resultate ergab. Es gelang jedoch der Firma *Zeiß in Jena*, durch Kombination eines Planars mit einer

Negativlinse ein Teleobjektiv herzustellen, welches beim Projizieren im Winkel innerhalb weiter Gesichtsfeldgrenzen nur mehr sehr geringe Verzeichnung und keine merkliche Bildwölbung zeigt. Es erscheint also diese Schwierigkeit durch das Entgegenkommen und die technische Leistungsfähigkeit dieser Firma als praktisch überwunden.

Nun zur Frage der *Bildbeleuchtung*. Die Verwendung zerstreuten Tageslichtes hat aus mehrfachen Gründen ihre Schwierigkeiten. Bei Verwendung von Projektionslaternen zeigen sich aber zwei große Übelstände.

1. Die Spitze des von der Kondensorlinse ausgehenden Lichtkegels muß wenigstens annähernd in die Blendenöffnung des verwendeten Objektivs treffen (der Lichtkegel muß zentriert sein), wenn das Auftreten farbiger Ringe vermieden werden soll.

2. Soll der zentrierte Lichtkegel das, wie hier erforderlich, nach allen Richtungen verdrehbare und verschiebbare Diapositiv stets voll beleuchten, so müssen Kondensorlinsen von ganz enormen Dimensionen verwendet werden.

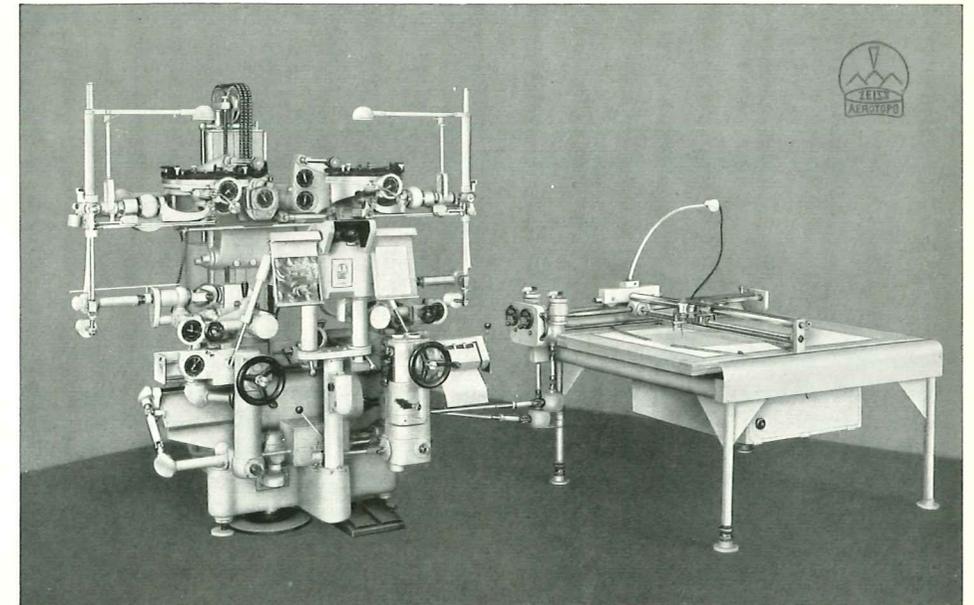
Diese beiden Umstände erschwerten das Arbeiten sehr, ja es muß gesagt werden, sie vereitelten durch lange Zeit jeden Erfolg. Endlich aber gelang es, dieser Schwierigkeit Herr zu werden, und zwar auf sehr einfache Weise, für welche die Einrichtungen des *Militärgeographischen Institutes in Wien* und jene der *Meßbild-Anstalt in Berlin* (Geh. Baurat *Dr. Meydenbauer*) teilweise als Vorbild dienten.

Man beleuchtet mit intensiven Lichtquellen eine weiße Fläche, die als Lichtverteiler wirkt und mit dem von ihr ausgehenden zerstreuten Licht, sozusagen selbstleuchtend, das Diapositiv aufhellt. Das führt, wenn auch mit großer Lichtverschwendung, zum Ziel. Die Vorteile des zerstreuten Tageslichtes, bei dem jede Zentrierung und jede Farbenerscheinung wegfällt, mit der unveränderlichen Intensität und freien Beweglichkeit der künstlichen Lichtquelle sind auf diese Art vereint und damit eines der größten, dem schließlichen Erfolge entgegenstehenden Hindernisse beseitigt.

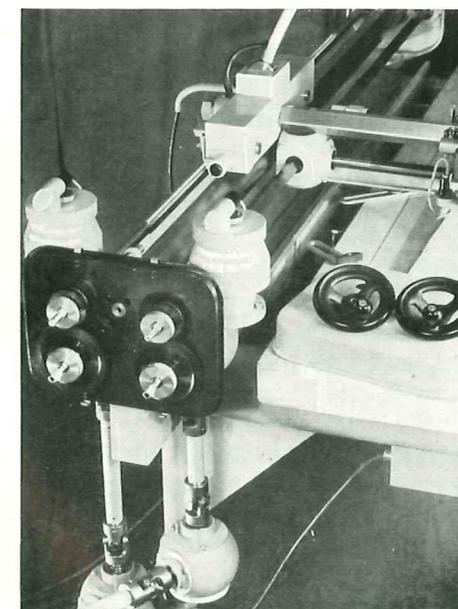
Daß es mir überhaupt möglich war, solche Versuche anzustellen, verdanke ich in erster Linie der tatkräftigen Förderung des Herrn Regierungsrates *Prof. Dr. Josef Maria Eder*, Direktor der Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt, dann der Güte des Herrn *Oberstleutnants Baron Hübl*. Ferner sei der Herren *Prof. Eduard Doležal*, *Hauptmann Ritter von Reisinger*, techn. *Offizial Friedrich Pichler*, sowie des ganz ungewöhnlichen Entgegenkommens der Firmen *Zeiß in Jena* und *Lechner (Müller) in Wien* dankbar gedacht.

III. SCHLUSSWORT

Es ist meines Wissens das erstmal, daß versucht wurde, das Licht nicht nur bei der Aufnahme, sondern auch bei der Rekonstruktion zu verwenden. *Der Gedanke an sich eröffnet eine weite, berauschte Perspektive; ihr*



Stereoplanigraph C 8
von Zeiss-Aerotopograph München (1952)



Koordinatenzähler
am Zeichentisch mit Zahnrad-Vorgelege
für direkte Kartierung in verschiedenen
Maßstäben



Koordinaten-Druckzählwerk
zum Stereoplanigraph C 8

Schlußpunkt, ein Zukunftsbild, ist die Karte als Photographie. Der Weg dahin ist weit. Und ich würde mich glücklich schätzen, nur die Anregung zu weiteren Versuchen in dieser Richtung gegeben zu haben.

D. Theodor Scheimpflug und die Entwicklung der modernen Zweibildinstrumente

Von Prof. Dr. J. Krames

I. EINLEITUNG

Der rastlos schaffende Menschegeist strebt unausgesetzt nach Verbesserung und Vervollkommnung. Es gibt keinen Stillstand, wie die Glieder einer schier endlosen Kette schließen sich die einzelnen Etappen des Fortschrittes aneinander. Dies gilt nicht bloß für den menschlichen Fortschritt im allgemeinen und für die verschiedenen Disziplinen unseres Wissens im besonderen, vielmehr auch für jede einzelne Errungenschaft, sei es auf dem Gebiete der Technik, der Medizin usw. Nicht immer ist jedoch die erwähnte Kette in ihrem Verlauf deutlich zu erkennen. Oft tritt das Ergebnis langwieriger Vorbereitungsarbeiten in fertiger Gestalt vor die Augen der Allgemeinheit, ohne daß diese von der vorangegangenen dornenvollen Entwicklung etwas erfährt.

Wenn aber einmal aus einem besonderen Anlaß die Frage nach dem Ursprung einer menschlichen Errungenschaft aufgeworfen wird, dann fällt es meistens schwer, unter allen daran beteiligten schöpferischen Menschen den eigentlichen Urheber der Grundidee herauszufinden oder gar seine persönliche Leistung ins rechte Licht zu rücken.

Ein typisches Beispiel hierfür findet sich auch auf dem Gebiete der Photogrammetrie. Diese Disziplin hat sich seit rund 50 Jahren in stets wachsendem Tempo zu einem umfangreichen Wissenszweig entwickelt, wobei besonders die instrumentelle Seite immer stärker in den Vordergrund trat. Im besonderen ist die Luftphotogrammetrie, die Landesvermessung mittels Geländeaufnahme aus dem Flugzeug, zum beherrschenden Kernstück geworden. Demgemäß bilden die zum Auswerten dieser Luftaufnahmen bestimmten Orientierungsmaschinen heute das wichtigste Rüstzeug der Photogrammetrie. Dazu gehören vor allem die Doppelbild-Auswertgeräte oder kurz Zweibildgeräte. Die ersten für die Praxis brauchbaren Instrumente dieser Art wurden bald nach dem ersten Weltkrieg in Deutschland gebaut. Andere Länder folgten in Kürze mit der Konstruktion gleichartiger Geräte nach. Seither wurden diese Maschinen Hand in Hand mit der unausgesetzten Verbesserung der photographischen Objektive und Emulsionen (Bildschichten) zu Instrumenten höchster Vollkommenheit weiterentwickelt.

Wer ist aber der Erfinder dieser Geräte? Daß diese Frage oft wenig zufriedenstellend beantwortet wird, ist insofern erklärlich, als zur Schaffung

dieser Präzisionsmaschinen eine größere Anzahl Bausteine erforderlich war und fast jeder von ihnen von anderer Seite beigesteuert wurde.

In den nachfolgenden Zeilen soll nunmehr in voller Objektivität untersucht werden, auf welche Urheber die einzelnen Konstruktionselemente der modernen Zweibildinstrumente zurückzuführen sind. Um das Wesentliche besser hervortreten zu lassen, wird dabei auf die Erörterung mancher Einzelheiten verzichtet, obschon auch diese für die langjährige technische Entwicklung dieser Geräte ein beredtes Zeugnis ablegen könnten.

II. DAS HEUTE ERREICHTE ZIEL

Um ein konkretes Beispiel vor Augen zu haben, soll diesen Betrachtungen zunächst das neueste Baumuster C 8 des *Stereoplanigraphen* von Zeiß-*Aerotopograph* in München zugrunde gelegt werden (siehe Tafel II und Abb. 7). Auf andere Instrumente gleich hoher Präzision wie auch auf einfachere Geräte wird später noch eingegangen.

Der C 8 ermöglicht die Auswertung von Luftaufnahmen eines beliebigen Geländes zur Herstellung von Landkarten und Plänen in denkbar kürzester Zeit bei höchster Präzision. Dabei wird vorausgesetzt, daß je zwei der aus einem Vermessungsflugzeug nach vorangegangener Planung hergestellten Geländebilder sich zum Teil (etwa zu 65%) übergreifen. Die Hauptaufgabe der Photogrammetrie besteht sodann darin, die beiden Lichtstrahlbündel, die während der beiden Belichtungen auf die Bildschichten eingewirkt haben, in diejenige gegenseitige Lage zu bringen, wie sie im Luftraum tatsächlich vorhanden war. Da das Flugzeug zwischen beiden Aufnahmen mindestens einige hundert Meter zurücklegt, muß selbstverständlich eine maßstäbliche Verkleinerung des Abstandes der beiden Projektionszentren, der Basisstrecke, Platz greifen.

Demgemäß besitzt der C 8 zwei Projektoren, in denen die entwickelten Bilder (1 in Abb. 7), sei es als Negative oder Diapositive, genau zentriert eingelegt und von oben her beleuchtet werden. Als Projektionsobjektive sind solche von gleicher Beschaffenheit und gleicher Lage gegenüber den Bildplatten vorgesehen wie das im Aufnahmeapparat verwendete Objektiv. Dies hat den großen Vorteil, daß alle denkbaren Verzeichnungen der Bilder beim Wiederherstellen der Lichtstrahlbündel kompensiert werden. Diese wichtige Maßnahme haben unabhängig voneinander der Italiener *Porro* (1865) und der deutsche Professor *Koppe* (1889), siehe [79], für die Ausmessung beliebiger Photogramme vorgeschlagen. Man spricht daher in diesem Zusammenhang vom *Porro-Koppeschen Prinzip*.

Jeder der beiden Projektoren des C 8 ist um das festgehaltene Zentrum seines Projektionssystems herum (3 in Abb. 7, das ist die Mitte der Austrittspupille des Objektivs) und innerhalb gewisser Grenzen frei drehbar. Dabei wird jede erforderliche Verdrehung eines Projektors auf Drehungen durch die Winkel ω , φ , α um drei Achsen zurückgeführt, die parallel sind zu den Achsenrichtungen eines in der Maschine festgelegten rechtwinkligen Koordinaten-

systems X, Y, Z (siehe Abb. 8). Neben den Drehungen sind ferner gewisse gegenseitige Verschiebungen b_y , b_z der Projektoren vorgesehen, doch wird deren mechanische Ausführung erst später erläutert. Die äußersten Grenzen aller Projektorenbewegungen sind derart festgelegt, daß damit für die wichtigsten in der Praxis vorkommenden Fälle die optisch-mechanische Lösung der Hauptaufgabe möglich ist.

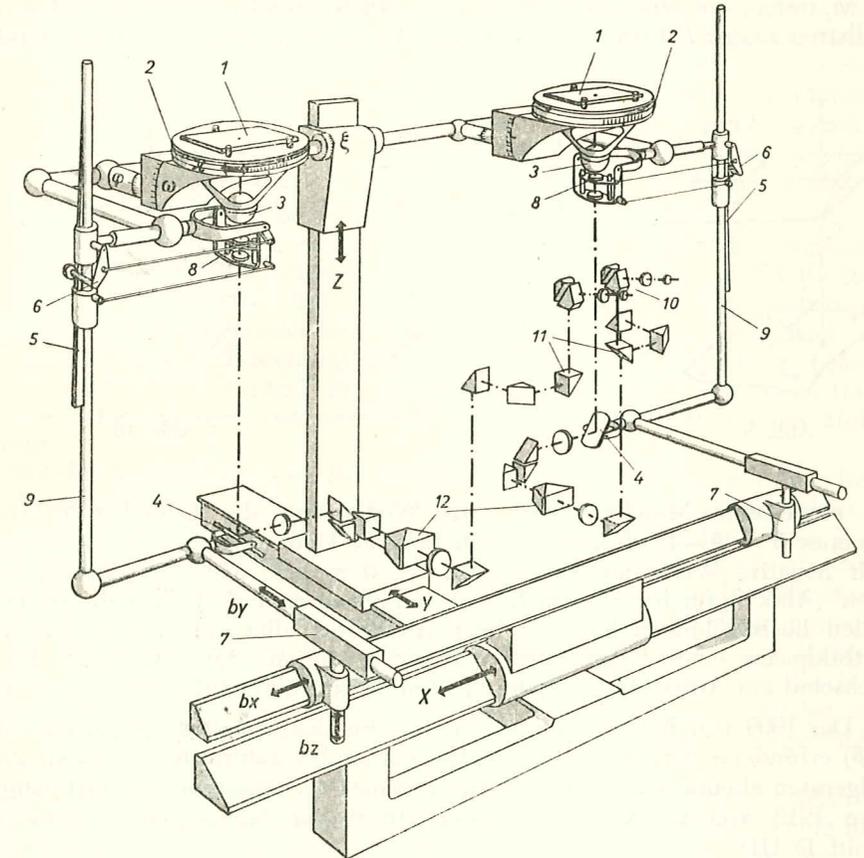


Abb. 7

(Aus K. Schwidewsky, [100], S. 177, mit gütiger Erlaubnis des Verfassers).

Zur Lösung dieser Aufgabe werden beide Projektoren (oder auch nur einer von ihnen) samt den darin starr verankerten Bildern so lange verdreht und verschoben, bis alle Paare von Lichtstrahlen, die von zusammengehörigen Punkten auf den Bildplatten ausstrahlen, sich im Raum schneiden. Die Gesamtheit dieser Strahlenschnittpunkte bildet dann das räumliche optische Modell, eine ähnliche Verkleinerung des aufgenommenen Geländes (Abb. 8).

Die Strahlenschnitte kommen jedoch nicht tatsächlich zustande, vielmehr ist zwischen je zwei entsprechenden Lichtstrahlen das sogenannte *Zeißsche*

Parallelogramm eingeschaltet zu denken (siehe Abb. 9, 10). Die beiden Projektoren sind nämlich in der X-Richtung, das ist seitlich, nebeneinander gestellt und auf einem Hauptträger mit einem festen Abstand D ihrer Zentren O_1, O_2 montiert. Damit ist vor allem gewährleistet, daß sie während der Arbeit niemals aneinanderstoßen. Das Zeißsche Parallelogramm hat nun zur Folge, daß an Stelle jedes Schnittpunktes entsprechender Lichtstrahlen zwei Raumpunkte M_1, M_2 treten, die eine zur X-Richtung parallele Strecke von einer festen, einstellbaren Länge L begrenzen. Wie die Abb. 9, 10 zeigen, beträgt die tatsäch-

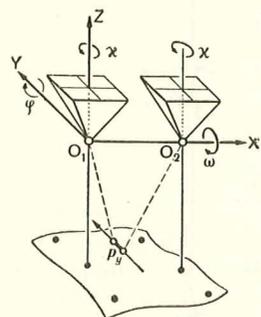


Abb. 8

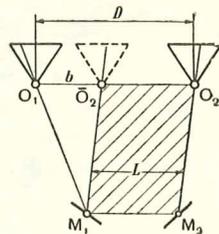


Abb. 9

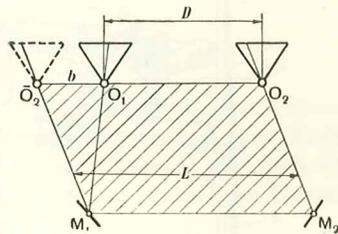


Abb. 10

lich eingestellte Maschinenbasis nach Weglassung des Zeißschen Parallelogrammes $b = D - L$. b kann danach beliebig klein angenommen werden und auch negative Werte annehmen. Für $b > 0$ spricht man von „Basisstellung innen“ (Abb. 9), für $b < 0$, d. h. $L > D$, von „Basis außen“ (siehe Abb. 10). Diese beiden Basisstellungen kommen beim Auswerten aller aufeinander folgenden Luftbildpaare eines Flugstreifens (Aerotriangulation, siehe Abschnitt F) abwechselnd zur Anwendung, wodurch diese Arbeit beträchtlich erleichtert wird.

Das 1909 von Bauersfeld und Pfeiffer (für den Stereoautograph von Orel-Zeiß) erfundene Parallelogramm wurde seither bei zahlreichen anderen Zweibildgeräten ebenfalls angewendet, für allgemeine Luftaufnahmen erstmalig im Jahre 1913 von G. Kammerer, dem Mitarbeiter Scheimpflugs (siehe Abschnitt D III).

An den Endpunkten M_1, M_2 der erwähnten Strecke L sind beim C 8 zwei schwenkbare Spiegel (Lenkspiegel) angebracht (siehe 4 in Abb. 7 sowie Abb. 9, 10), auf welche die zu den beiden Lichtstrahlen gehörigen Bildpunkte samt ihren näheren Umgebungen projiziert werden. Um diese projizierten Bilder bei verschiedenen Entfernungen vom Projektor immer scharf abgebildet zu erhalten, sind zusätzlich zu den Projektionsobjektiven zwei Teleobjektive angeordnet, deren Achsen automatisch mit den jeweils eingestellten zusammengehörigen Lichtstrahlen zur Deckung kommen (siehe 8 in Abb. 7). Dabei fällt der obere Knotenpunkt jedes Telesystems mit dem Projektionszentrum O_1 bzw. O_2 zusammen, ferner haben die Positiv- und die Negativlinse dieselbe Brennweite f , und die näher bei O_1 bzw. O_2 liegende Positivlinse ist in Abhängigkeit vom Abstand

der Spiegelfläche achsial verschiebbar. Nach einer Erfindung von Bauersfeld (1920) wird der Abstand $e = \frac{f^2}{F}$ der beiden Einzellinsen ($F =$ Gesamtbrennweite des Telesystems) durch eine Kurvenführung zwangläufig geregelt (siehe 5 in Abb. 7, vgl. auch [101], S. 47).

Neben dem soeben beschriebenen Projektionssystem weist der C 8 noch ein besondere Betrachtungssystem auf. Dieses besteht aus zwei „Lichtwasserleitungen“, das sind hintereinander gereihte Spiegel, Prismen und Linsen, mit deren Hilfe die auf die Spiegel (4 in Abb. 7) projizierten Teilbilder von einem Doppelokular aus (wie in einem Feldstecher) beobachtet werden können (10 in Abb. 7). Die in der Mitte der Spiegel vorhandenen Markenpunkte M_1, M_2 vereinigen sich für den Beobachter zur „wandernden Marke“, mit der das nunmehr plastisch gesehene optische Modell abgetastet und ausgemessen wird.

Für diesen letzteren Zweck sind die beiden Spiegel mit den Marken in einem Basisschlitten eingebettet, der mittels eines Handrades in der X-Richtung hin und her bewegbar ist (Abb. 7); ferner ist der Hauptträger mit den beiden Projektoren an einem räumlichen Kreuzschlitten befestigt, der sich nach vorwärts und rückwärts (Y-Richtung) sowie der Höhe nach (Z-Richtung) beliebig verstellen läßt (Abb. 7). Die Y-Bewegungen werden ebenfalls von einem Handrad, die Z-Bewegungen von einer Fußscheibe aus oder mittels eines Motors betätigt.

Mit der Ausbildung dieser Bewegungsmöglichkeiten ist zugleich die schwierige Aufgabe verbunden, die in den Okularen erscheinenden Geländebilder bei jeder Schlittenstellung in aufrechte Lage zu bringen. Andernfalls wäre ja die Beobachtung „in Kernebenen“ und damit der stereoskopische Eindruck ebenso unmöglich wie die Ausmessung des Modells mit Hilfe der wandernden Marke. Zur Erfüllung dieser Forderung werden die beiden Lenkspiegel derart gesteuert, daß die an ihnen reflektierten Lichtstrahlbündel immer zuerst zur X-Richtung parallel werden. Um diesen Bündeln sodann auf dem weiteren Weg durch die „Lichtwasserleitungen“ die jeweils notwendigen Verdrehungen zu erteilen, sind darin sogenannte „Amici-Prismen“ (auch „Dove-Prismen“ genannt) eingeschaltet, die selbst zwangläufige Drehungen ausführen (siehe 12 in Abb. 7).

Die früher erwähnten b_y - und b_z -Verschiebungen der beiden Zielstrahlbündel werden indirekt ausgeführt, d. h. ohne dabei die starre Verbindung ihrer Scheitel, der Projektionszentren O_1, O_2 , mit dem Hauptträger zu lösen. Zu diesem Zwecke sind die beiden Spiegel mit den Markenpunkten M_1, M_2 innerhalb des Basisschlittensystems in der Y- und Z-Richtung verschiebbar. Diese auf wenige cm beschränkten Bewegungen werden mit Hilfe der Y- und Z-Schrauben (Handräder) ausgeführt.

Alle an der Maschine vorgesehenen Schiebungen und Drehungen können an Meßuhren abgelesen und dort umgekehrt auch eingestellt werden (siehe Tafel II). Die dabei erzielte Genauigkeit beträgt Bruchteile von $\frac{1}{100}$ mm bzw. von Neuminuten.

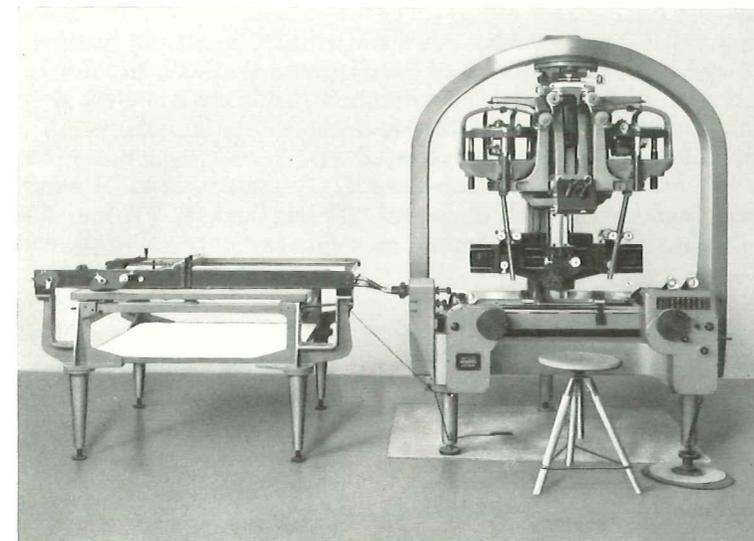
Mit den hier beschriebenen Organen war im wesentlichen bereits das im Jahre 1923 gebaute erste Baumuster C 1 des Stereoplanigraphen ausgestattet. Die praktische Verwendbarkeit dieses Instrumentes kam jedoch erst richtig zur Geltung, als es O. v. Gruber gelang, ein systematisches Verfahren anzugeben,

mit dem die gegenseitige Orientierung zweier Folgebilder zwangsläufig herzustellen ist [70]. Dieses Verfahren wurde für die technische Weiterbildung des Stereoplanigraphen von besonderer Wichtigkeit. Dies bestätigt allein die äußere Form der neueren Baumuster C 5 (1937) bis C 8 (1952) beim Vergleich mit den ersten Typen C 1 (1923) bis C 4 (1932).

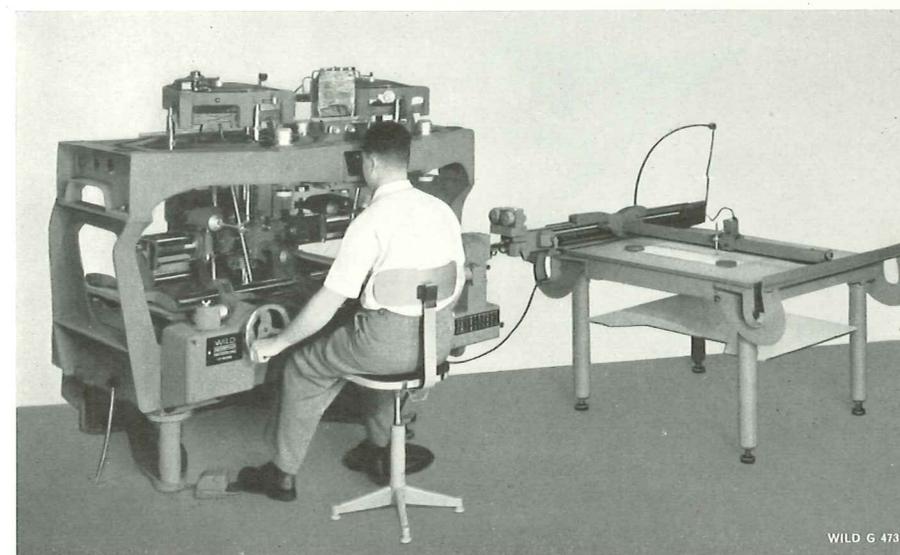
Das *Grubersche Verfahren* ist an jedem Zweibildgerät ausführbar und besteht im wesentlichen darin, in allen Punkten des optischen Modells die sogenannte y -Parallaxe auszuschalten. Man versteht darunter den in der Y -Richtung gemessenen kürzesten Abstand p_y zweier entsprechender Lichtstrahlen, wenn sich diese nicht schneiden, also windschief sind (s. Abb. 8). Dies trifft bei den meisten Modellpunkten zu, wenn die gegenseitige Orientierung zwar angenähert, aber noch nicht genau hergestellt ist. Soll in einem solchen Fall an einer bestimmten Stelle die y -Parallaxe gemessen werden, dann hat man den Basischlitten in der X -Richtung und den Hauptträger in der Y - und Z -Richtung derart zu bewegen, daß die betreffende Geländepartie in den Okularen plastisch erscheint. Damit überdies die beiden Markenpunkte M_1 und M_2 zu einem einzigen, auf dem Gelände aufsitzenden Meßpunkt verschmelzen, muß auch noch einer der Spiegel samt der Marke M_1 oder M_2 mit Hilfe seiner Y -Schraube nach vorne oder rückwärts verschoben werden. Die zugehörige Verschiebstrecke gibt sodann die hier vorhandene y -Parallaxe an.

Um nun die y -Parallaxe im ganzen doppelt überdeckten Gebiet beider Aufnahmen zum Verschwinden zu bringen, hat man diese Größe in 6 bestimmten, regelmäßig verteilten Modellpunkten (siehe Abb. 8) zu beobachten und schrittweise auszuschalten, und zwar mittels geeigneter Bewegungen der Projektoren. Das Austilgen der y -Parallaxe wäre ohne weiters bei vier der genannten Punkte möglich. Um auch die restlichen beiden Punkte parallaxenfrei zu machen, wird nach Gruber eine „Überkorrektur“ angewendet, mit deren Hilfe es in der Regel gelingt, die ursprünglich bei allen sechs Modellpunkten vorhandenen y -Parallaxen gleichzeitig beträchtlich zu verkleinern. Dieser Vorgang wird mehrmals wiederholt, bis am ganzen Modell keine Parallaxen mehr zu beobachten sind, d. h. bis alle Paare entsprechender Lichtstrahlen sich im Raume schneiden. Die gesuchte gegenseitige Orientierung ist sodann (abgesehen von Ausnahmefällen, siehe [80]) erreicht.

Zur weiteren Auswertung sind noch folgende Operationen erforderlich. Das gewonnene optische Modell ist als starres Ganzes in die richtige Lage zur Erdoberfläche und auf einen gewählten Maßstab zu bringen. Dabei kommen die früher beschriebenen gemeinsamen Längs- und Querneigungen der beiden Projektoren und eine Basisänderung zur Anwendung. Sodann wird eine Kupplung zwischen der Maschine und dem Koordinatographen auf dem daneben stehenden Zeichentisch eingeschaltet (Tafel II, links unten). Die X - und Y -Bewegungen der Schlitten lassen sich danach mittels einiger Kardangelenke und eines Zahnradgetriebes auf kongruente oder maßstäblich geänderte Bewegungen des Zeichenstiftes übertragen. Die Kartierung des räumlichen Geländemodells erfolgt sodann, indem die wandernde Marke entlang der Schichtenlinien, der Wasserläufe, der Flurgrenzen usw. geführt und der Zeichenstift durch einen elektrischen Kontakt oder von einem Gehilfen betätigt wird. Die gleichzeitig am Z -Maßstab abzulesenden Geländehöhen können samt den Raumkoordinaten der betreffenden Modellpunkte, u. a. mit Hilfe eines *Druckzählwerkes* (in



Autograph Wild A5 (1937)



Präzisions-Autograph Wild A7 (1951) der Wild Heerbrugg AG., Heerbrugg / Schweiz

Tafel II, rechts unten) unter Ausschaltung von Ablesefehlern fortlaufend registriert werden.

Anschließend an den C 8 sollen noch *die wichtigsten Zweibildinstrumente mit sogenannter „mechanischer Projektion“* kurz besprochen werden. Sie unterscheiden sich vom C 8 vor allem dadurch, daß bei ihnen die von zusammengehörigen Bildpunkten ausgehenden Zielstrahlen durch zwei Metallstäbe (Lenker) realisiert erscheinen. Geräte von dieser Art wurden vor allem in der Schweiz von der Firma *Wild Heerbrugg A. G.* besonders weit entwickelt. Mit den Baumustern A 5 und A 7 (siehe Tafel III) dieser „*Wild Autographen*“ konnten die anfänglichen Ausführungsschwierigkeiten dieses Systems überwunden werden.

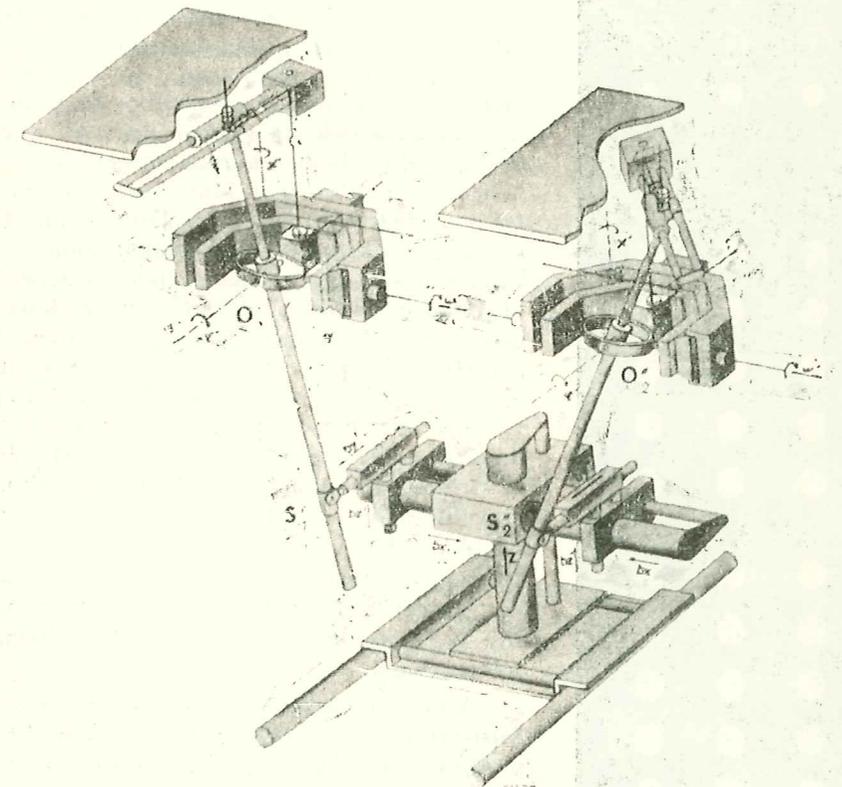


Abb. 11

Schematische Darstellung der Funktion des Präzisions-Autographen Wild A 7

Die beiden Lenker sind beim A 5 und A 7 an ihren oberen Enden in Kugelenken gelagert. Diese befinden sich dicht unterhalb der waagrechten Bildplatten und stehen den zu betrachtenden Bildpunkten jeweils frontal gegenüber (Abb. 11). Die Lenker laufen ferner durch je zwei Kardangelenke, von denen das eine Paar die beiden Projektionszentren verkörpert, während die Mitten der beiden anderen jene beiden Punkte S_1 und S_2 darstellen, in welche der Schnitt-

punkt S entsprechender Zielstrahlen (Lenkerachsen), wie beim C 8 zerlegt zu denken ist. Der Abstand L der Punkte S_1, S_2 kann innerhalb weiter Grenzen beliebig eingestellt werden. Je nachdem L größer oder kleiner als der Abstand D der Projektionszentren gewählt wird, liegt hier — wie beim Stereoplanigraphen — „Basis außen“ bzw. „Basis innen“ vor (vgl. Abb. 9, 10). Demnach kommt das *Zeißsche Parallelogramm* am A 5 und am A 7 in gleicher Weise zur Anwendung wie am C 8. Hingegen sind die beiden Meßmarken M_1, M_2 bei diesen *Wild-Geräten* in die Strahlengänge eingebaut, welche die von oben beleuchteten Bilder rechtwinkelig durchsetzen und mittels zweier „Lichtwasserleitungen“, in welche auch hier *Amici-Prismen* eingeschaltet sind, in das Doppelokular gelenkt werden. Beim A 5 und A 7 sind ferner die beiden Kardanmittelpunkte S_1, S_2 in einem dreigliedrigen räumlichen Kreuzschlitten eingebettet (s. Abb. 11). Die X- und Y-Bewegungen des Schlittens können ähnlich wie beim C 8 auf den nebenstehenden Zeichentisch übertragen werden (Tafel III), die Z-Bewegungen sind am Höhenzählwerk abzulesen. Alle zur Herstellung der gegenseitigen wie auch der absoluten Orientierung erforderlichen Bewegungen der beiden Strahlbündel sind in ausreichendem Ausmaß vorgesehen. Das seit 1954 gebaute *elektrische Koordinatenregistrierwerk* (Abb. 12) vervollständigt die technischen Einrichtungen des A 7. Der A 5 und der A 7 stellen ebenfalls Spitzenleistungen moderner Präzisionsmechanik dar, sie gehören mit den Stereoplanigraphen C 5 bis C 8 zu den heute führenden Zweibildinstrumenten.

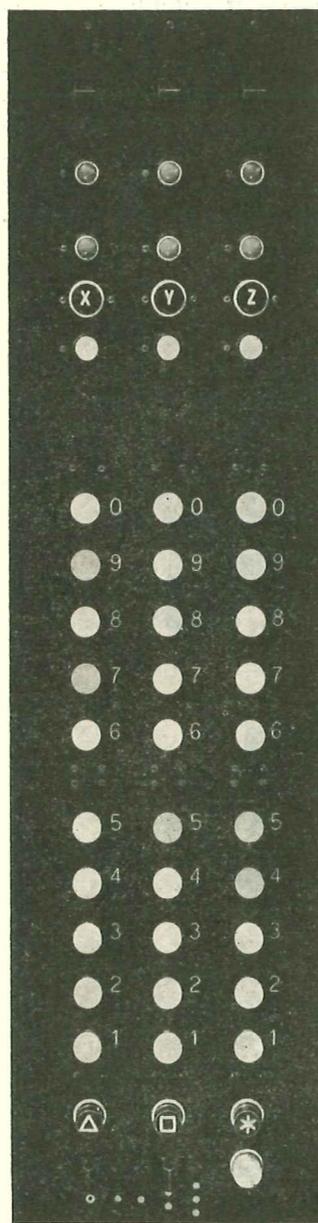


Abb. 12 Schaltbrett des Elektrischen Koordinatenregistrierwerkes Wild EK 2

Von den einfacheren Geräten für raschere Auswertungen geringerer Genauigkeit ist besonders der 1933 bei *Zeiß-Aerograph* geschaffene „*Multiplex*“ zu erwähnen. Er gehört wie der C 8 zu den Doppelprojektoren, unterscheidet sich aber von diesen durch den Verzicht auf die wandernde Marke und das *Zeißsche Parallelogramm*. Dies ist deshalb möglich, weil hier die Aufnahmen zum Auswerten auf ein Viertel verkleinert werden, so daß die Projektoren entsprechend kleinere Abmessungen haben und daher enger aneinander gestellt werden können (Tafel IV). Durch die Verwendung kurz-

brennweitiger Projektionsobjektive von großer Tiefenschärfe werden ferner die zusätzlichen Telesysteme des C 8 entbehrlich. Die beiden Bilder werden vielmehr unmittelbar auf eine gemeinsame Ebene, die Oberfläche eines in der Höhe verstellbaren Projektionstischchens, projiziert, und zwar nach dem *Anaglyphenverfahren* in Komplementärfarben, z. B. rot und grün. Bei Verwendung einer entsprechenden Brille erblickt der Auswerter jeweils einen kleinen Teil des plastischen Geländemodells. Die gegenseitige Orientierung erfolgt mit Projektorenbewegungen wie beim C 8 und zur Herstellung der absoluten Orientierung kann der Hauptträger, auf dem bis zu 21 Projektoren nebeneinander Platz finden, Längs- und Querneigungen ausführen sowie der Höhe nach verstellt werden. Die Kartierung wird sogleich auf der Zeichenfläche unterhalb des Projektionstischchens ausgeführt.

Ähnliche Instrumente werden heute noch in anderen Ländern gebaut und verwendet. Der in den USA seit einigen Jahren weitverbreitete „*Kelsh Plotter*“ stellt eine vergrößerte Ausgabe des *Multiplex* dar, bei dem jedoch bloß zwei Projektoren vorgesehen sind und die Bilder nicht verkleinert werden. An Stelle von Komplementärfarben kann auch verschieden polarisiertes Projektionslicht verwendet werden.

Zu den Auswertgeräten mit mechanischer Projektion gehören noch die *Stereokartiergeräte* A 6 und A 8 der *Wild Heerbrugg A. G.* (siehe Tafel V), von denen besonders der letztere hohe Kartiergenauigkeit gewährleistet.

Wegen zahlreicher weiterer Zweibildinstrumente sei auf die einschlägige Literatur verwiesen [51], [56], [63], [101], [105].

III. RÜCKBLICK AUF DEN WEITEN WEG

Wir wollen nunmehr auf die geschichtliche Entwicklung der Zweibildinstrumente näher eingehen und beginnen dabei mit den Doppelprojektoren. Der erste, der eine allgemeine Doppelprojektion zweier Photographien zwecks Wiederherstellung des aufgenommenen Objektes ins Auge faßte, war unbestritten *Theodor Scheimpflug*. Er erläuterte dieses Prinzip erstmalig in einer am 5. Juni 1896 bei der Akademie der Wissenschaften in Wien zwecks Wahrung der Priorität hinterlegten Abhandlung. Diese hatte den Titel: „*Eine Methode, das Licht zur Zimmerarbeit bei der Photogrammetrie zu verwenden*“. Er behandelte sodann dieses Thema in seinem vielbeachteten *Braunschweiger Vortrag* im Herbst 1897 und veröffentlichte darüber die oben (siehe C) abgedruckte Mitteilung in der Photographischen Korrespondenz vom Jahre 1898.

Wir können diesen grundlegenden Ausführungen *Scheimpflugs* entnehmen, daß er bereits Mitte der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts den Gedanken faßte, die Rekonstruktion eines aus zwei beliebigen Standpunkten aufgenommenen Objektes dadurch zu verwirklichen, daß die beiden Aufnahme-Strahlbündel in die ursprüngliche gegenseitige Lage gebracht und durch Lichtstrahlen realisiert werden. Daß er dabei an die Einführung eines beliebigen Modellmaßstabes dachte, beweist seine Fig. 3 (siehe Abb. 3 in C). Er war sich überdies wohl bewußt, daß die beiden Bündel zwecks Herstellung der gegenseitigen Orientierung um die Projektionszentren herum frei beweglich sein müssen. Aus seiner Fig. 4 (C, Abb. 4) und dem Text ist zu ersehen, daß

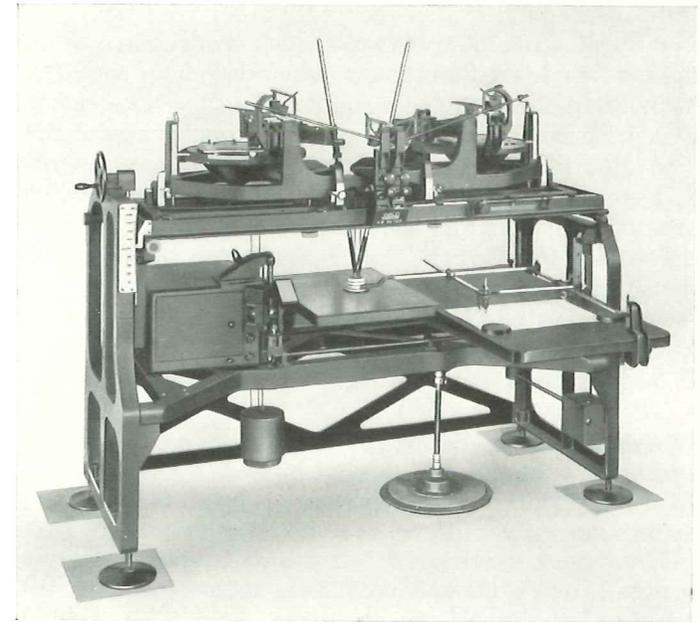
Scheimpflug dieser Forderung durch eine ausreichende Drehbarkeit und Verschiebbarkeit der Bildplatten zu genügen gedachte.

Darüber hinaus nahm er sogleich zwei weitere Probleme in Angriff, nämlich die *Sichtbarmachung der räumlichen Strahlenschnitte* und die wegen der Maßstabsverkleinerung notwendige *Scharfabbildung*. Für den ersteren Zweck führte er bewegliche Projektionsflächen ein, die zweite Aufgabe löste er in optisch einwandfreier Weise durch *Anordnung zweier Telesysteme*, deren Achsen wie beim C 8 mit zwei entsprechenden Lichtstrahlen zur Deckung kamen. Er hielt aber die Positivlinse fest und verschob die Negativlinse in ihrer Achsenrichtung je nach der Entfernung des räumlichen Strahlenschnittpunktes. Überdies setzte er gleiche Brennweite beider Linsen voraus. *Er ist damit der entsprechenden Anordnung beim C 8 (siehe D, II) überraschend nahe gekommen*. Er verzichtete jedoch auf die Verwendung eines Projektionsobjektives im Sinne des Prinzips von *Porro-Koppe* (das ihm wohl bekannt gewesen wäre) und hatte auch gegen die mangelnde Beleuchtungsstärke der projizierten Teilbilder anzukämpfen.

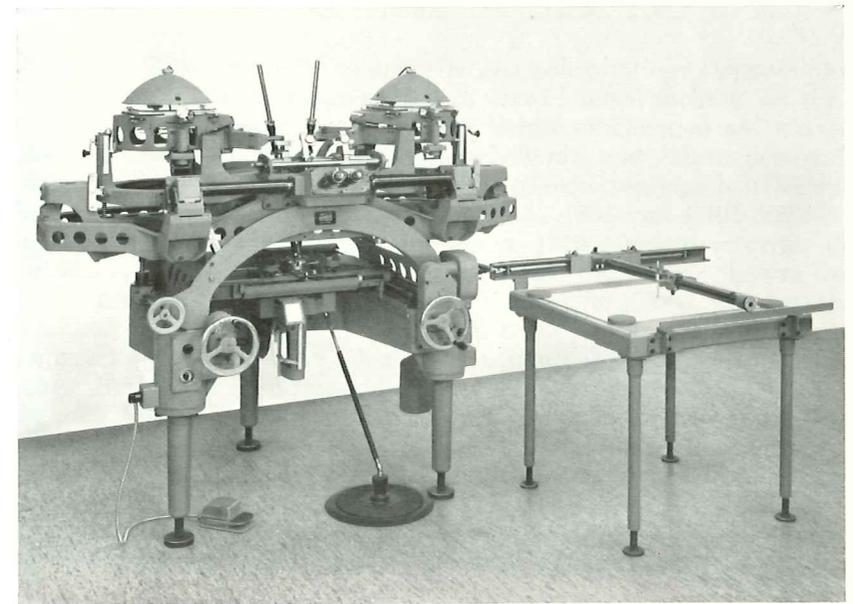
Bei seinem grundlegenden Versuch mit den räumlichen Schnittpunkten entsprechender Lichtstrahlen kam es ihm keineswegs darauf an, die selbstverständliche Wiedervereinigung der Lichtstrahlen auf den einzelnen Punkten des Modells nachzuprüfen. Vielmehr galt es hier, diese Schnittpunkte sichtbar zu machen, genau so wie dies später z. B. beim *Multiplex* geschah. An die beim letztgenannten Instrument verwendeten *kurzbrennweitigen Objektive* von großer *Tiefenschärfe* hat *Scheimpflug* ebenfalls bereits gedacht (siehe [2], S. 118). Um die übereinander projizierten Bilder voneinander zu trennen, bediente er sich später des *Blinkverfahrens*, das 1904 durch *C. Pulfrich* [89] bekannt geworden war.

Im Zusammenhang mit der Doppelprojektion meisterte *Scheimpflugs* überragende Phantasie sogleich auch die Aufgabe, die Schichtenlinien eines aufgenommenen Geländes auf optischem Wege zu ermitteln. Er schreibt hiezu in einem Brief an *C. Pulfrich* vom 15. Oktober 1910 u. a.: „Eventuell könnte ich noch den Versuch machen, in analoger Weise, wie ich das schon im Jahre 1898 mit schönem Erfolg getan habe, ein Positiv und ein Negativ miteinander zu kombinieren. Da sich die Bilder nur längs der Schichtenlinien zur Deckung bringen lassen, so müssen die Schichtenlinien als zarte gleichmäßig graue Linien zur Erscheinung kommen, während das übrige Gelände, in dem Positiv und Negativ sich nicht decken, als ein mehr oder minder verworrenes, scheckiges Gebilde erscheinen müßte.“

Wohl hatte *Scheimpflug* auch seine Vorläufer. In gewissem Sinne könnte man alle dazu zählen, die vor ihm perspektive Bilder von Objektiven mit bekannter Raumlage der Standpunkte und Bildebenen auswerteten. Der erste von ihnen war, soweit uns bekannt ist, der Schweizer Arzt *M. A. Cappeler*, dem bereits im Jahre 1726, also lange vor Erfindung der Photographie, die Rekonstruktion des Pilatusmassivs südlich von Luzern mit erstaunlicher Genauigkeit gelang [72]. Wir können als ziemlich sicher annehmen, daß er dabei zur Herstellung zweier Perspektiven eine Variante der damals allen Gebildeten bekannten *Dürerschen Glastafelmethode* heranzog. Überdies boten ihm zwei Standpunkte am Ufer des Vierwaldstättersees eine genau waagrechte Basis. Ähnliche Voraussetzungen finden sich bei späteren Versuchen mit photographi-



Stereokartiergerät Wild A6 (1939)



Stereokartiergerät Wild A8 (1952) der Wild Heerbrugg AG., Heerbrugg / Schweiz

schen Aufnahmen immer wieder. Auch *Pujo* und *Fourcade*, die in ihrer Abhandlung vom Jahre 1865 [65], [88] dem *Scheimpflugschen* Grundgedanken vielleicht nahe waren, dachten dabei keineswegs an Aufnahmen mit beliebigen windschiefen Achsen und unbekannter gegenseitiger Lage der Standpunkte. Daß hingegen für *Scheimpflug* derartige Annahmen eine Selbstverständlichkeit bedeuteten, hat seinen Grund darin, daß er als einer der Ersten Geländeaufnahmen aus freien Standpunkten in der Luft in Betracht zog. Denn daß nur solche Aufnahmen dereinst eine wirtschaftliche Herstellung von Geländekarten ermöglichen werden, hatte er ja in den 90er Jahren bereits vorausgesehen.

Übrigens war sich *Scheimpflug* der Mangelhaftigkeit seiner Doppelprojektion klar bewußt. Er ahnte aber mit wahrhaft genialem Seherblick ihren späteren Werdegang als er schrieb: „*Der Gedanke an sich eröffnet eine weite, berauschte Perspektive Der Weg dahin ist weit. Und ich würde mich glücklich schätzen, nur die Anregung zu weiteren Versuchen in dieser Richtung gegeben zu haben.*“

Ja, der Weg war weit, diese Worte *Scheimpflugs* wurden durch die spätere mühevoll erarbeitete Zweibildinstrumente immer wieder bestätigt. Wie den vorliegenden Ausführungen zu entnehmen ist, bedurfte es noch einer stattlichen Reihe von Erfindungsgedanken und unermüdlicher praktischer Versuche, bis die heutige Leistungshöhe unserer Auswertmaschinen erreicht werden konnte. Neben den oben bereits erwähnten Namen: *Porro*, *Koppe*, *Bauersfeld*, *Pfeiffer*, *v. Gruber* seien ohne Anspruch auf Vollständigkeit zunächst noch folgende hervorgehoben: *d'Almeida*, der Erfinder der *Anaglyphen* (1858) [47], ferner *F. Stolze*, der Erfinder der wandernden Marke (1892) [104], der selbst wieder an Vorarbeiten von *Rollet* (1861) und *Harmer* (1880) anknüpfen konnte. Der früher genannte *C. Pulfrich* schuf 1901 das erste für photogrammetrische Zwecke brauchbare Meßinstrument, den „*Stereokomparator*“, in dem bereits die „*wandernde Marke*“ zur Ausmessung terrestrischer Photogramme Verwendung fand.

Unter den Männern, die in späteren Jahren *Scheimpflugs Doppelprojektion* in einer für die Praxis brauchbaren Form zu verwirklichen suchten, sei zunächst *M. Gasser* genannt. Dieser wies in seinen Veröffentlichungen auf die grundlegenden Arbeiten von *Scheimpflug* wiederholt hin und führte dessen Ideen in einigen Punkten weiter aus. Nach verschiedenen vergeblichen Versuchen, worüber u. a. seine Patentschriften *DRP 306.383* [66] und *DRP 306.384* [67] ein beredtes Zeugnis ablegen, entwickelte er 1915 ein Auswertgerät, dessen beide Projektoren ähnlich wie bei *Scheimpflug* um die Zentren herum frei beweglich waren *DRP 306.385* [68]. Dieses *Gassersche Gerät* war im Aufbau dem späteren *Multiplex* (Tafel IV) ähnlich, hatte jedoch ungewöhnlich große Abmessungen. Als wesentliche Fortschritte waren dabei zu verzeichnen: 1. Die *binokulare* Betrachtung korrespondierender Bildausschnitte und 2. die Herstellung des *Stereoeffektes durch Einführung der bildaufrichtenden Amici-Prismen* in die Strahlengänge zum Doppelokular. Solche Prismen waren vorher bereits im *Panoramafernrohr* und im *Periskop der Unterseebote* verwendet worden.

Die Anwendung des *Zeißschen Parallelogrammes* und der wandernden Marke zog *Gasser* nicht in Betracht. Vor allem aber fehlte bei ihm ein syste-

matisches Verfahren zur Herstellung der gegenseitigen Orientierung ohne Rückwärtseinschnitt auf bekannte Paßpunkte im Gelände. Ein solches Verfahren wurde, wie bereits erwähnt, erst von Gruber [70] sowie [62], S. 457 f, angegeben. Die *stereoskopische Bildwirkung* lieferte zwar ein immerhin brauchbares Hilfsmittel zur Verbesserung der gegenseitigen Orientierung, doch gebührt hierfür Scheimpflug die Priorität, der diesen Gedanken bereits im Jahre 1911 ausgesprochen hatte [15]. Gassers Doppelprojektor ermöglichte zwar besser als die Scheimpflugschen Projektionslampen eine Lösung der Hauptaufgabe, verschiedene Mängel seines Gerätes, z. B. die Nadirlineale und Glasmaßstäbe zur Festlegung einzelner Modellpunkte, ließen es jedoch für praktische Anwendungen wenig geeignet erscheinen. Ohne Verwendung von Paßpunkten wäre Gasser überdies auf ein Probierversahren angewiesen gewesen, dessen Erfolg vorwiegend dem Zufall überlassen blieb.

Gassers Erfinderschicksal, das ihm greifbare Erfolge versagte, hat ihn bis zu seinem Tode (1954) mit Bitterkeit erfüllt. Seine Enttäuschungen waren jedoch hauptsächlich auf äußere Umstände zurückzuführen, wie sie der erste Weltkrieg und die schwierigen Verhältnisse nachher mit sich brachten. Z. B. waren Gassers Patentanmeldungen von 1915 lange Zeit als Militärgeheimnisse gesperrt, weshalb sie erst viele Jahre später ans Licht der Öffentlichkeit drangen.

Andererseits darf auch nicht übersehen werden, daß gleichzeitig mit Gasser und zum Teil sogar einige Jahre vorher bereits zahlreiche andere Lösungsversuche derselben Aufgabe unternommen wurden. Das damals gesteigerte Interesse an diesem Problem war leicht erklärlich, hatte doch die Luftfahrt, diese wichtigste Voraussetzung der Luftphotogrammetrie, gerade während des Krieges ihre erste große Bewährungsprobe abgelegt. Ein packendes Bild von der Mannigfaltigkeit der verschiedenen Versuche zur Verwirklichung des Scheimpflugschen Grundgedankens der Doppelprojektion entrollt W. Sander im „Ferienkurs“ [62], S. 173 – 289, unter dem Titel: „Über die Entwicklung der Photogrammetrie an Hand der Erfindungen unter besonderer Berücksichtigung der Doppelbildauswertgeräte“.

Im besonderen schildert dieser Autor im Kapitel über die „weitere Entwicklung der Auswertinstrumente bei Carl Zeiß“ [62], S. 214 – 229, welche außerordentlichen Anstrengungen allein bei dieser Firma in der genannten Richtung aufgewendet wurden. An diesen gründlichen Untersuchungen waren vor allem C. Pulfrich, F. Schneider, W. Sander, W. Bauersfeld, O. v. Gruber und E. Wolf beteiligt. Nicht weniger als acht verschiedene aussichtsreiche Wege wurden verfolgt und deren Vorteile und Nachteile sorgfältig gegeneinander abgewogen. Als letztes Ergebnis reifte hieraus der Entschluß, alle Versuche mit Raumlinsen fallen zu lassen und zur rein optischen Lösung, wie sie dem Scheimpflugschen Grundgedanken unmittelbar entspricht, zurückzukehren. Dies führte zur Schaffung des Stereoplanigraphen.

Aber auch bei anderen Firmen und in anderen Ländern wurde unermüdlich an derselben Aufgabe gearbeitet. Keine praktisch brauchbare Lösung gelang dabei ohne langjährige technische Entwicklung. Alle in Angriff genom-

menen Typen von Auswertgeräten mußten mehrmals abgeändert und verbessert werden, ehe eine endgültige Ausführungsform geschaffen war. Als Beispiele seien noch einige hervorragende Geräte erwähnt.

So entwickelte die Firma Heyde in Dresden nach den Vorschlägen von Hegershoff den Autokartographen (1920), der erst im Jahre 1926 vom verbesserten Aerokartographen abgelöst wurde. Dieses Gerät entsprach im Grunde genommen genau einem der früher erwähnten Entwürfe, die bei der Firma Zeiß zugunsten des Stereoplanigraphen zurückgestellt wurden [62], S. 245. Nach ähnlichen Prinzipien konstruierten in Frankreich Boucard (1924/25) und besonders G. Poivilliers mehrere Modelle von Auswertgeräten (1920, 1922, 1923), letzterer als Endprodukt den Stereotopographen (1938), der auch in seiner später verkleinerten Gestalt hohe Genauigkeit gewährleistet. In Italien wurde das rein optische Prinzip der Scheimpflugschen Doppelprojektion von U. und A. Nistri im Photokartographen (1921) verwirklicht.

Im Gegensatz dazu traten später auch Instrumente mit mechanischer Projektion hervor und erfuhren ebenfalls eine schrittweise verbesserte Durchbildung. Dies gilt vor allem für die schon früher beschriebenen Wild-Autographen A 5 (1937) und A 7 (1951) und für den Stereokartographen von E. Santoni (erstes einfaches Modell 1921, Modell II 1934, letztes Modell 1948).

Gerade diese letztgenannten Geräte besitzen aber einen Vorläufer, der ebenfalls mit Scheimpflugs Wirken eng zusammenhängt, nämlich das Auswertgerät für beliebig gerichtete Luftbilder von Scheimpflugs Mitarbeiter G. Kammerer (1913). Dieses Instrument wurde erst nach Scheimpflugs Tod erdacht und soll weiter unten noch näher beschrieben werden. Um seine Entstehungsgeschichte klarzustellen, muß etwas weiter zurückgegriffen werden.

Scheimpflug hatte schon jahrelang vorher seine besten Kräfte darauf konzentriert, ein Auswertgerät für Luftaufnahmen zu schaffen, das dem Orelschen Stereoaotographen ebenbürtig wäre. Dieser hatte als Universalgerät für terrestrische Geländeaufnahmen von 1909 angefangen seinen Siegeszug angetreten. Unter dem Eindruck dieses Welterfolges schien damals wohl manchem Photogrammeter eine analoge Maschine für Luftaufnahmen in greifbare Nähe gerückt. Daß die Erreichung dieses Zieles vor allem Scheimpflug sehr am Herzen lag, erklärt sich allein daraus, daß gerade er auf die wirtschaftliche Überlegenheit der Luftphotogrammetrie gegenüber der Erdbildmessung wiederholt hingewiesen hatte. Die Verwirklichung dieses Planes sollte ihm jedoch nicht mehr gelingen. Der Weg war weit, es war ihm aber immerhin vergönnt, gemeinsam mit Kammerer einige wichtige Schritte vorwärts zu kommen, die später für andere richtungweisend wurden.

Scheimpflug wollte vorerst zu einer Teillösung des Problems gelangen und machte zu diesem Zweck folgende einschneidenden Voraussetzungen:

1. Jede der beiden Luftaufnahmen ist bereits auf eine exakte Senkrechtaufnahme umgebildet und
2. auf jedem der beiden Bilder sind die Endpunkte einer genau waagrechteten Strecke von bekannter Länge deutlich abgebildet.

Damit war die Rekonstruktion des aufgenommenen Geländes im wesentlichen auf den „Schwenkungsfall“ der terrestrischen Photogrammetrie (parallele Hauptstrahlen, jedoch nicht zusammenfallende Bildebenen) zurückgeführt. Da es sich aber im besonderen darum handelte, die *Schichtenlinien des Geländes*

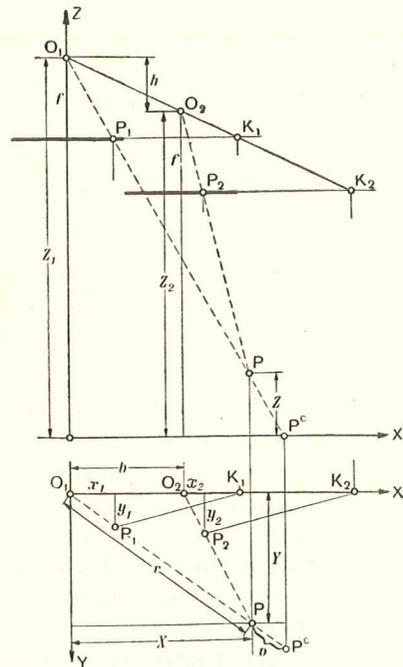


Abb. 13

zu ermitteln, war hiefür der *Stereoautograph* nicht verwendbar, denn dieser konnte ja nur die zu den beiden Hauptstrahlen parallelen Profilschnitte liefern. Bei verschiedenen Höhenlagen der beiden Luftstandpunkte würde sich überdies ein Maßstabsunterschied störend bemerkbar gemacht haben, wie dies bei terrestrischen Aufnahmen kaum vorkommt. Eine Maßstabsangleichung nach der Entzerrung hätte aber verschiedene Brennweiten der Bilder zur Folge gehabt.

Für zwei exakte Senkrechtaufnahmen aus gleicher Flughöhe konnte die damals bereits bekannte *Grundgleichung der Stereophotogrammetrie* [101], S. 20, Gleichung (10), in der Form geschrieben werden (Abb. 13):

$$p_x = x_1 - x_2 = \frac{bf}{Z}. \quad (1)$$

Dabei bezeichnen: x_1, y_1, x_2, y_2 die auf die Hauptpunkte der Bilder bezogenen Koordinaten entsprechender Bildpunkte P_1, P_2 ; X, Y, Z die Raumkoordinaten des zugehörigen Modellpunktes P ; b die waagrecht gemessene Basisstrecke und f die Brennweite der Aufnahmen. *Scheimpflug* ver-

$$x_1 - \frac{y_2}{y_1} x_2 = \frac{bf}{Z}. \quad (1a)$$

allgemeinerte nun diese Formel auf den Fall zweier Senkrechtaufnahmen aus verschiedenen Flughöhen wie folgt:

$$Y = \frac{y_1}{x_1} X = \frac{y_2}{x_2} (X - b), \text{ ferner } X = \frac{x_1}{x_1 - \frac{y_1}{y_2} x_2} b \text{ sowie } X = \frac{Z}{f} x_1 \text{ usw.}$$

Der Zusammenhang zwischen Bild- und Raumkoordinaten kann danach folgendermaßen dargestellt werden:

$$\left. \begin{aligned}
 X &= \frac{Z_1 - Z}{f} x_1 = \frac{b}{x_1 - \frac{y_1}{y_2} x_2} x_1, \\
 Y &= \frac{Z_1 - Z}{f} y_1 = \frac{b}{x_1 - \frac{y_1}{y_2} x_2} y_1, \\
 Z &= Z_1 - f \frac{x}{x_1} = Z_1 - \frac{b}{x_1 - \frac{y_1}{y_2} x_2} f.
 \end{aligned} \right\} (2)$$

Nebenbei bemerkt, ergibt sich aus den Bildkoordinaten jedes Modellpunktes wegen der Parallelität der durch entsprechende Bildpunkte gehenden Kernstrahlen $P_1 \rightarrow K_1$, $P_2 \rightarrow K_2$ als Unterschied der beiden Flughöhen

$$h = Z_1 - Z_2 = \frac{b f (y_1 - y_2)}{y_1 x_2 - x_1 y_2}. \quad (3)$$

Um die Formeln (2) mechanisch auszuwerten, legte nun *Scheimpflug* nach dem bewährten Vorbild von *Orel* ebenfalls einen *Stereokomparator* zugrunde, an den ein *zusätzlicher Mechanismus* und ein Zeichenbrett angeschlossen werden sollten. Der Mechanismus enthielt u. a. neun Riementriebe und zwei Differentialgetriebe. Jeder der Riementriebe hatte eine *stufenlos einstellbare Übersetzung zu gewährleisten* und bestand aus zwei Paaren von Lamellenkegeln (siehe Tafel VI, a), die ineinander achsial verschiebbar waren und dadurch eine stetige Änderung der wirksamen Rillenhälbmesser ermöglichen sollten.

Allein der Umstand, daß *Scheimpflug* für diesen Apparat noch keine Patentanmeldung vorbereitet hatte, zeigt uns, daß er die geringen Aussichten einer praktischen Verwertung dieses komplizierten und unsicher funktionierenden Gerätes richtig einzuschätzen wußte. Es kam ihm offenbar nur darauf an, zunächst eine prinzipielle Lösungsmöglichkeit zu erforschen. Von diesem Gesichtspunkt aus muß dieser *Scheimpflugsche „Zeichenapparat“* beurteilt werden. Übrigens können die Lamellenkegel als Vorläufer der heute im Werkzeugmaschinenbau viel verwendeten „*Keilriemengetriebe*“ oder der sogenannten „*PIV-Getriebe*“ angesehen werden [102]. *Scheimpflug* änderte diesen Zeichenapparat alsbald ab und suchte ihn durch Einführung zweier „*Reibscheibenge triebe*“ zu vereinfachen. Das Modell III enthielt nur noch vier Paare Lamellenkegel. Eine Versuchsausführung dieses Modells nahm *Scheimpflug* in seinen letzten Lebensmonaten noch in Angriff. Einzelne Bestandteile waren schon angefertigt, als den Nimmermüden sein tragisches Geschick ereilte. Die weitere Ausführung dieses Modells kam danach nicht mehr zustande. Die in Tafel VI wiedergegebene schematische Darstellung dieses Modells stammt aus *Scheimpflugs* Nachlaß und wird hiemit erstmalig veröffentlicht.

Zweifellos hätte *Scheimpflug* auf diesem Wege zu einem weiteren schönen Erfolg seines Schaffens gelangen können. Denn der *Orelsche Stereoaograph*

liche
Hau
es s

me
allg
ver

De
0,

Di
fo

wurde tatsächlich einige Jahre später bei der Firma Zeiß durch W. Sandner zu einem automatischen Auswertinstrument für Luftaufnahmen weiter gebildet (DRP 301.289, 1914), aus dem schließlich unter Mitwirkung von O. v. Gruber und E. Wolf das Autographenmodell „K“ hervorging (siehe [62], S. 206 und DRP 385.415, 1920). Die Ausführung dieses ziemlich baureifen Modells unterblieb ebenfalls nur mit Rücksicht auf den Stereoplanigraphen.

Der beschriebene Zeichenapparat bedeutete für Scheimpflug keinesfalls den einzigen Weg zur Erreichung des gesteckten Zieles. Über Drängen seines Mitarbeiters Kammerer arbeitete er gemeinsam mit diesem noch an einigen anderen Lösungen der gestellten Aufgabe, von denen zwei es ebenfalls ver-

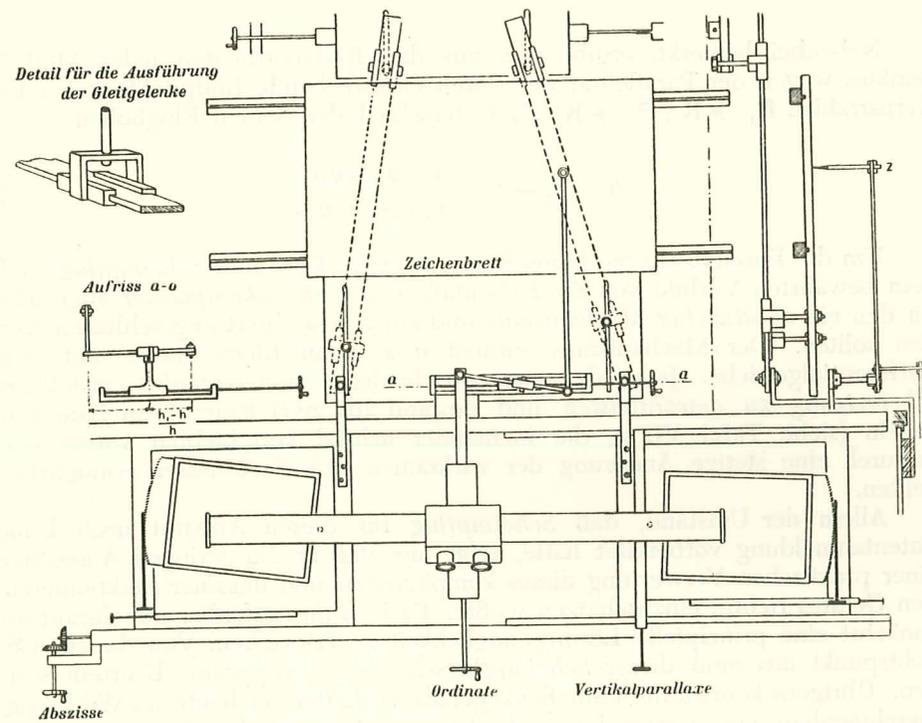


Abb. 14

dienen, der Vergessenheit entrissen zu werden. Beide Forscher stützten sich dabei zuerst auf das Prinzip der Lenkerstäbe, ähnlich wie sich dieses beim Orelsen Gerät bereits bewährt hatte. Zur Vereinfachung machten sie auch in diesem Falle vorerst die schon genannten Voraussetzungen 1 und 2. Scheimpflug, der Erbauer der ersten Entzerrungsgeräte (siehe Abschnitt E, III), hat dabei wohl auch die praktischen Möglichkeiten der Umbildung allgemeiner Luftbilder auf exakte Senkrechtaufnahmen einigermaßen überschätzt. Allerdings konnte er auch die später erzielten Genauigkeitssteigerungen photogrammetrischer Arbeiten damals noch nicht vorhersehen. Aber selbst unter

den besonderen Annahmen 1 und 2 gelang die Verwirklichung des Gedankens nur schrittweise.

So entstand u. a. der Entwurf eines Gerätes, bei dem zwei Lenker, ähnlich wie beim Stereoaographen, mit Berücksichtigung des Zeißschen Parallelogrammes vorgesehen waren (siehe Abb. 14). Dieses Instrument hätte aber bloß das Ziehen einzelner Schichtenlinien ermöglicht, wonach die Grundrisse beliebiger Geländepunkte und -linien erst durch eine anschließende „Zonen-Transformation“ (siehe F, V) zustande gekommen wären. Ein ähnliches Gerät wurde im Jahre 1915 von O. v. Gruber ins Auge gefaßt (siehe [62], S. 205).

Das unmittelbare Kartieren beliebiger Geripplinien sollte jedoch ein weiterer Entwurf von Scheimpflug und Kammerer gewährleisten. Bei diesem waren drei zueinander parallele (waagrechte) ebene Platten angenommen, von denen zwei für die Aufnahme der (auf exakte Senkrechtaufnahmen unprojizierten) Bilder bestimmt waren, während die dritte als Zeichenfläche diente (siehe Abb. 15). Alle drei Ebenen waren so gelagert, daß sie nur in sich selbst ver-

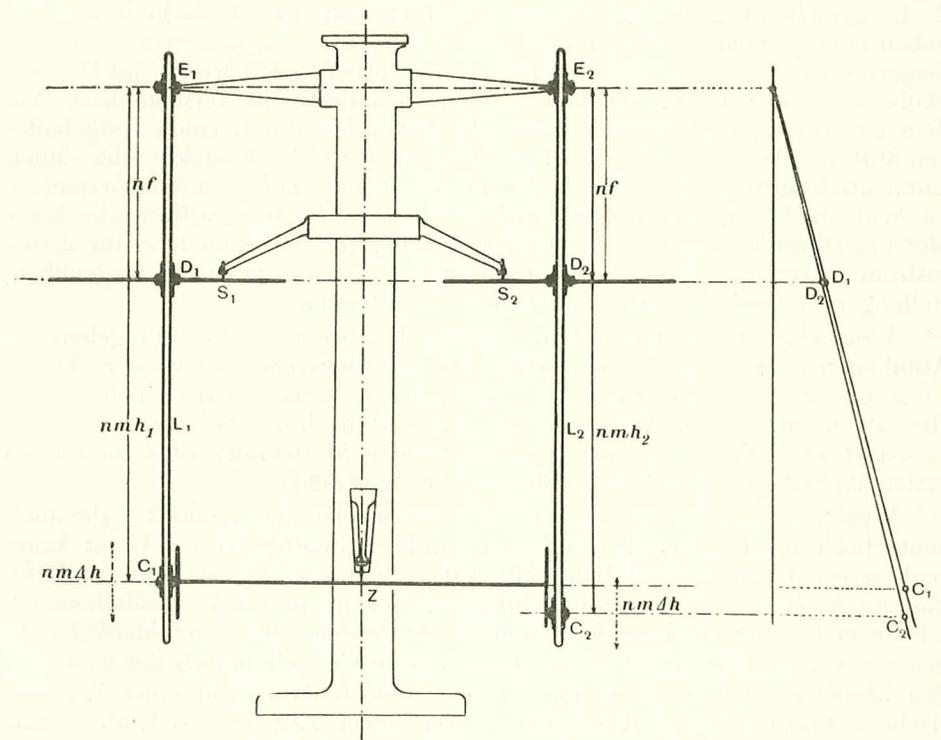


Abb. 15

schoben werden konnten, und zwar durch untereinander parallele, jedoch verschieden lange Strecken. Die zwangläufige Koppelung dieser Verschiebungen besorgten zwei gerade Lenkerstäbe L_1, L_2 , die an beiden Bildplatten mittels zweier Kugelgelenke D_1, D_2 angeschlossen waren. Die oberen Enden der Len-

ker wurden mittels kardanisch gelagerten Hülsen durch zwei Punkte E_1, E_2 geführt, die waagrecht nebeneinander in einem festen Abstand angenommen waren. Auf gleiche Weise, jedoch in verschiedener Höhe, standen die unteren Lenkerenden mit dem Zeichenbrett in Verbindung. Dabei konnten die Angriffspunkte C_1, C_2 der Lenker am Zeichenbrett so eingestellt werden, daß die Strecken E_1, C_1 und E_2, C_2 proportional waren zu den in der Natur vorhandenen Aufnahmehöhen h_1, h_2 über einer bestimmten Niveauebene η . Die Verschiebungen der beiden Bildplatten standen sodann – wie leicht einzusehen ist – *im umgekehrten Verhältnis*, also im Maßstabsverhältnis der beiden Aufnahmen. Nach dem richtigen Orientieren der Bilder blieben daher die Lenkerpunkte C_1, C_2 für alle Geländepunkte innerhalb derselben Schichtenebene η *unverändert*. Zur frontalen Betrachtung der beiden Bilder diente (wie z. B. beim Wild A 5 oder A 7) ein feststehendes *Stereoskop*, in dem während der Bewegung der beiden Bildplatten die Umgebungen der erwähnten Geländepunkte plastisch erschienen (siehe Abb. 16, 17). Um in gleicher Weise auch andere Geländeschichten überstreichen zu können, konnten die Lenkerpunkte C_1, C_2 gemeinsam gegenüber dem Zeichenbrett von einer Fußscheibe aus gehoben oder gesenkt werden. Dabei war nur darauf zu achten, daß zwei feste Zeigerspitzen S_1 und S_2 nach dem Prinzip der „wandernden Marke“ im Doppelokular zu einem Punkt der betreffenden Geländeschicht verschmolzen. Auf dem gleichzeitig mitbewegten Zeichenbrett wurden durch einen festgehaltenen Stift Z alle von der Meßmarke überstrichenen Geländepunkte oder -linien automatisch kartiert. Bei festgehaltener Fußscheibe ergaben sich insbesondere die Schichtenlinien, ebenso wie dies heute beim *Wild Autographen* oder beim *Stereoplanigraphen* der Fall ist. Der von *Scheimpflug* und *Kammerer* für dieses Instrument verwendete Name „*Auto-Stereograph*“ sollte wohl die Gegenüberstellung zum *Orel'schen Stereo-Autographen* betonen.

Eine schematische Darstellung des hier beschriebenen Gerätes geben die Abbildungen 16 (Grund- und Aufriß) und 17 (Seitenansicht) wieder. Dieses Gerät wurde von Diplom-Ingenieur *Kaun* bei *Ernemann* in Dresden durchkonstruiert. Kopien seiner Werkszeichnungen sind noch im *Scheimpflug-Archiv* verwahrt. Das bei der genannten Firma gebaute Musterstück ist während des ersten Weltkrieges oder bald nachher verlorengegangen.

Wegen der ziemlich einschränkenden Voraussetzungen 1 und 2 – die auch heute noch nicht einwandfrei erfüllbar sind – gestattete dieses Gerät keine praktischen Anwendungen. Immerhin war es hier zum *ersten Male* *geglückt*, das durch „*horizontierte*“ Luftaufnahmen gegebene plastische Geländemodell wie beim C 8 oder A 7 *nach und nach abzufahren und dabei binokular zu beobachten*. Überdies konnte das aufgenommene Gelände mittels der wandernden Marke ausgemessen und samt seinen Schichtenlinien auf einer Zeichenfläche automatisch kartiert werden. Dieser seiner Zeit vorausseilende Gerätentwurf von *Scheimpflug* und *Kammerer* verdient in der geschichtlichen Entwicklung der Zweibildinstrumente einen besonderen Platz. Er wird hiemit ebenfalls zum ersten Male der Fachwelt bekanntgegeben. Abschließend sei noch betont, daß die Lenker bei diesem *Auto-Stereographen* bereits in einer vom *Orel'schen* Gerät prinzipiell abweichenden Weise gebraucht wurden, jedoch noch nicht als mechanisch realisierte Zielstrahlen.

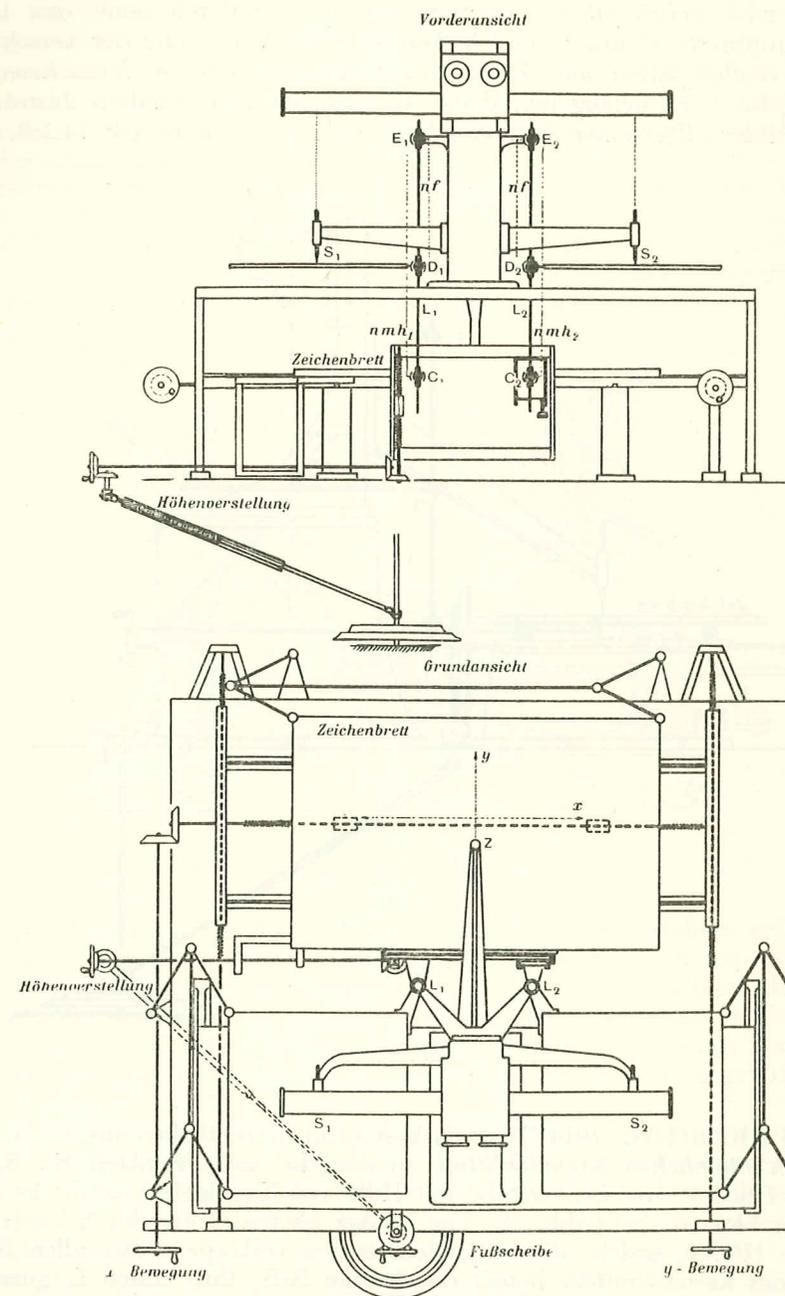


Abb. 16

Erst nach *Scheimpflugs* Tod wurde *Kammerer* durch seine vom Lehrmeister inspirierte Phantasie und in konsequenter Verfolgung der verschiedenen Verwendungsarten von Lenkern auf die *Idee der mechanischen Projektion* geführt. Es gelang ihm damit, das schon früher erwähnte *Instrument für Luftbilder allgemeiner Aufnahmelage* zu ersinnen (siehe ÖP 74.283, 1913

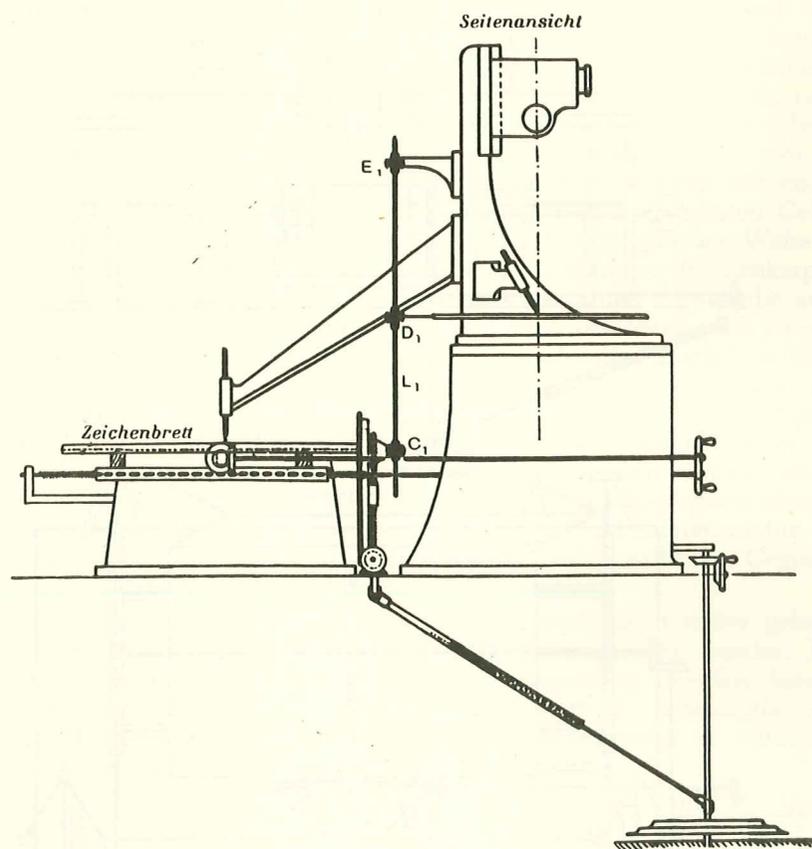


Abb. 17

[75] und DRP 311.941, 1914 [76]). Es besteht im wesentlichen aus einem *dreigliedrigen räumlichen Kreuzschlitten*, an dem bei zwei Punkten S_1, S_2 des obersten Gliedes zwei *Lenkerstäbe* mit Hilfe von Kugelgelenken allseits drehbar angeschlossen sind (Abb. 18). Die Lenker gleiten ferner durch kardanisch gelagerte Hülsen, welche die Projektionszentren verkörpern. Bei allen Bewegungen des Kreuzschlittens behält die Strecke S_1S_2 ihre Länge L , genau so wie dies heute beim *Stereokartographen* von *Santoni* und bei den *Wild Autographen* A 5 und A 7 zutrifft. Hierzu sei noch bemerkt, daß bei den früheren Modellen des *Stereokartographen* die Strecke L wie bei *Kammerer* ein für alle

Male fest blieb. Hingegen kann diese Strecke bei den neueren *Santonischen Geräten* ebenso wie beim *Wild Autographen* A 5 oder A 7 zwecks Wahl der positiven oder negativen Maschinenbasis beliebig eingestellt werden.

Sind am Gerät von *Kammerer* die beiden Zielstrahlbündel bereits richtig gegeneinander orientiert, und wird der Kreuzschlitten derart geführt, daß die Lenkerachsen stets mit zwei entsprechenden Zielstrahlen übereinstimmen, dann überstreicht ein mit dem obersten Schlittenglied starr verbundenes Werkzeug, etwa ein Zeichenstift, das räumliche Geländemodell. Um ferner den Grundriß des aufgenommenen Geländes auf der waagrechten Zeichenfläche zu kartieren, ist noch die absolute Orientierung des Raummodells herzustellen und der Zeichenstift am zweiten Glied des Schlittens zu befestigen.

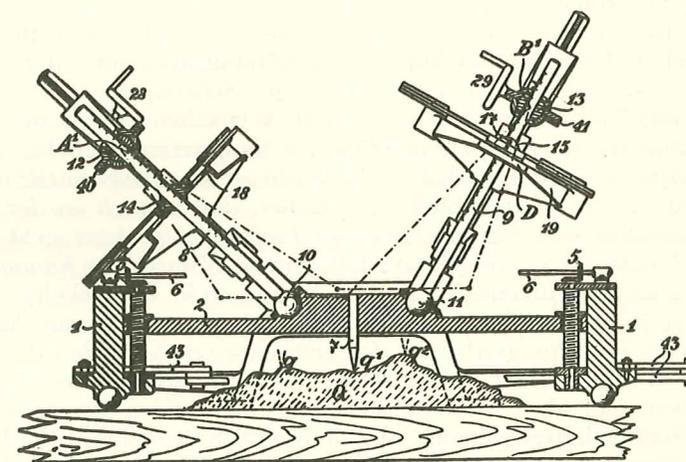


Abb. 18

Das Einstellen der Lenker auf entsprechende Zielstrahlen erfolgt nach *Kammerer* mittels Parallelogrammführungen im Anschluß an die Strahlen der in seitlicher Parallellage angenommenen und dort aus den Bildern abgeleiteten Zielstrahlbündeln [76]. Dies bedeutet jedoch keinen wesentlichen Unterschied gegenüber den Geräten von *Santoni* und *Wild*, wo die oberen Lenkerenden als Kugelgelenke ausgebildet und den Bildplatten frontal gegenübergestellt sind (Tafel III und Abb. 11).

Kammerers Auswertmaschine war noch keineswegs konstruktionsreif. So fehlte ursprünglich eine binokulare Betrachtung entsprechender Bildauschnitte; eine solche wurde aber nach seinem tragischen Fliegertod am 20. Juni 1914 (siehe F, VI) im Laufe der Verhandlungen vor dem Deutschen Patentamt erörtert. Jedenfalls finden sich aber an diesem Gerät bereits die wichtigsten Bauelemente der späteren Präzisionsinstrumente mit mechanischer Projektion, nämlich die *Verkörperung der Lichtstrahlen durch Lenker*, die Anordnung des *Zeißschen Parallelogrammes* und der *dreigliedrige räumliche Kreuzschlitten*.

Soweit aus der Literatur zu ersehen ist, handelt es sich hier um den ersten Entwurf eines Gerätes zur Auswertung beliebig gerichteter Luftaufnahmen, bei dem die Zielstrahlen durch Stäbe ersetzt sind, die um die Projektionszentren herum beliebig verdreht werden können.

IV. SCHLUSSWORTE

Ein hartes Schicksal hat es *Scheimpflug*, dem Vorkämpfer der *Luftphotogrammetrie*, leider verwehrt, die weitere Entwicklung der Zweibildgeräte aus den geschilderten verheißungsvollen Ansätzen heraus weiterzuführen. Den für ihn in die Bresche gesprungenen *Kammerer* traf alsbald das gleiche Los. Beide mußten es anderen überlassen, die aus diesen Keimen allmählich heranreifenden Früchte zu ernten.

Wir verfolgten im Vorangegangenen die wichtigsten Schritte der langjährigen technischen Entwicklung der Zweibildinstrumente der Luftphotogrammetrie und sind nunmehr in der Lage, *Scheimpflugs Leistungen* auf diesem Gebiete ins rechte Licht zu rücken. Wir sahen vor allem, daß er *als Erster das Prinzip der Doppelprojektion zur Auswertung beliebig gerichteter Aufnahmepaare* herangezogen hat – ein Verdienst, das längst nicht mehr angezweifelt wird. Kaum bekannt blieb aber bisher, daß er *auch an der Schaffung der Zweibildinstrumente mit mechanischer Projektion* insofern nicht unwesentlich *beteiligt war*, als er gemeinsam mit seinem Mitarbeiter *Kammerer* einen Vorläufer dieser Instrumente, den *Auto-Stereograph*, entwickelte. *Kammerer* ersann ferner in unmittelbarer Fortsetzung der gemeinsam mit *Scheimpflug* durchgeführten Forschungsarbeiten *das erste Auswertgerät, bei dem die Zielstrahlen durch mechanische Lenkerstäbe verkörpert sind*. Schließlich sei noch hervorgehoben, daß alle Zweibildinstrumente der beiden genannten Systeme über die Grundgedanken hinaus auch hinsichtlich mancher Einzelheiten auf Ideen und Entwürfe von *Scheimpflug* zurückzuführen sind. Wir erinnern in diesem Zusammenhang bloß an die in den Strahlengang der Doppelprojektion eingeschalteten *Teleobjektive*, an die *stereoskopische Betrachtung des plastisch erscheinenden Raummodells beim Auto-Stereographen*, sowie an die beim selben Instrument vorgesehene *Betätigung der Z-Bewegung von einer Fußscheibe* aus wie beim A 5, A 7.

Es war *Scheimpflug* nicht vergönnt, den Enderfolg seiner rastlosen Bemühungen auf dem Gebiete der Doppelprojektion zu erleben. Dafür hat er aber andere durch seinen beispielgebenden Eifer und nicht zuletzt durch seinen glühenden Optimismus angefeuert, *die bereits beschrittenen Pfade weiter zu verfolgen*. Er durfte sich wahrlich „glücklich schätzen, die Anregung zu weiteren Versuchen in dieser Richtung gegeben zu haben“ ([2], S. 121). Sein persönlicher Anteil an der nach und nach erreichten überragenden Qualität unserer Zweibildgeräte kann daher nicht hoch genug eingeschätzt werden.

Wenn auch der Enderfolg, das heute erreichte Ziel, erst durch das unermüdliche Zusammenwirken einer kaum übersehbaren Zahl von Forschern und Technikern erreicht werden konnte, so hat dennoch unser Rückblick klar aufgezeigt, daß *als eigentlicher Urheber der Grundgedanken der Zweibildinstrumente* nur einer anzusehen ist, nämlich

Theodor Scheimpflug.

Seine unschätzbaren Verdienste um die heutige Leistungshöhe dieser Instrumente können wir nicht besser würdigen als mit den Worten unseres Dichterstürften *J. W. v. Goethe* [69]:

„Auf die primären, auf die Urversuche, kommt alles an, und das Kapitel, das hierauf gebaut ist, steht sicher und fest; ...“.

E. Umbildung und Entzerrung photographischer Aufnahmen nach Theodor Scheimpflug

Von Prof. Dr. *Josef Krames*

I. ZUR GRUNDLEGENDEN THEORIE

Wohl der größte Teil von *Scheimpflugs* unermüdlichem Schaffen war den Problemen der Umbildung oder Entzerrung photographischer Aufnahmen, sowie der Entwicklung der hierfür benötigten Instrumente gewidmet. Auf diesem Gebiete war es ihm auch vergönnt, alle prinzipiellen Schwierigkeiten zu überwinden und das gesteckte Endziel im wesentlichen zu erreichen.

Es mag daher im Rahmen dieser Festschrift von besonderem Interesse sein, den Ausgangspunkten und den einzelnen Entwicklungsschritten dieser erfolgreichen Forschungen nachzuspüren und ihr Endergebnis, den „*Universaltransformator*“ von *Scheimpflug-Kammerer*, mit den modernsten Entzerrungsmaschinen zu vergleichen.

Um später darauf verweisen zu können, seien vorerst die wichtigsten theoretischen Grundlagen kurz zusammengefaßt. Wir folgen damit zum größten Teil den einleitenden Ausführungen, wie sie *Scheimpflug* seinen einschlägigen Patentschriften (siehe etwa USA P 751 347/1903 [34]) gerne voranstellte.

Unter „*Umbildung*“ einer beliebigen ebenen Figur, beispielsweise einer photographischen Aufnahme, versteht man jede andere ebene Figur, die mit der ersten *kollinear* verwandt, im besonderen *affin* ist. Im Gegensatz dazu werden nur jene besonderen Umformungen „*Entzerrungen*“ genannt, die das betreffende ebene Objekt bloß mit geändertem Maßstab, also *ähnlich*, wiedergeben. Bei einem dreidimensionalen Objekt bezeichnen wir als „*Entzerrung*“ jedes Bild, das zu einem seiner Normalrisse ähnlich ist. In der Folge sollen hauptsächlich ebene Objekte in Betracht gezogen werden. Ferner wird vorausgesetzt, daß die Umbildung oder Entzerrung auf optischem Wege erfolgt, d. h. durch Projektion mit Hilfe eines photographischen Objektivs. Nur ausnahmsweise treten an die Stelle von Glaslinsen spiegelnde Oberflächen (Hohlspiegel).

Die Theorie der Glaslinsen und Objektivs geht weit zurück und wurde von *C. F. Gauß* und *E. Abbe* besonders gefördert. Unter bestimmten Voraussetzungen kann *jedem Punkt P* des dreidimensionalen Objektraumes (Dingraumes) jener „*optisch konjugierte*“ *Bildpunkt P'* zugeordnet werden, indem die von *P* ausgehenden Lichtstrahlen nach dem Durchgang durch das Objektiv abermals

zusammentreffen (Abb. 19). Damit ist zwischen dem „Dingraum“ und dem ebenfalls dreidimensionalen „Bildraum“ eine *umkehrbar eindeutige Punktverwandtschaft* festgelegt; diese beschränkt sich zunächst auf gewisse durch den wirksamen Öffnungswinkel des Objektivs gegebene Ausschnitte beider Räume.

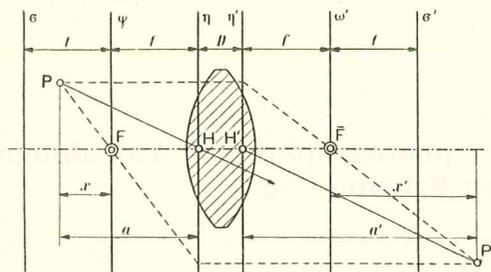


Abb. 19

Hauptpunkte H, H', d. s. die Schnittpunkte von η, η' mit der Objektivachse, gilt insbesondere: c) Je zwei durch H, H' gehende konjugierte Strahlen sind untereinander parallel (Abb. 19).

Aus a) folgt nach bekannten Sätzen der Geometrie, daß die Verwandtschaft optisch konjugierter Punkte – auf den ganzen Raum ausgedehnt – eine Raumkollineation ist. Diese geht wegen b) und c) insbesondere in eine *perspektive Kollineation* über, wenn die dingseitige wie die bildseitige Hauptebene mit dem Dingraum bzw. mit dem Bildraum starr verbunden bleibt, und wenn man beide Räume parallel zur optischen Achse gegeneinander so weit verschiebt, daß die beiden Hauptebenen z. B. in ihrer Symmetrieebene μ (Mittellebene des Objektivs) zur Deckung kommen (Abb. 20). μ bildet sodann die Kollineationsebene, und das Kollinationszentrum fällt wegen c) in den Schnittpunkt O von μ mit der Objektivachse, der auch als „optischer Mittelpunkt“ des Objektivs bezeichnet wird. In ihm sind nunmehr die beiden Hauptpunkte H, H' zusammengefallen.

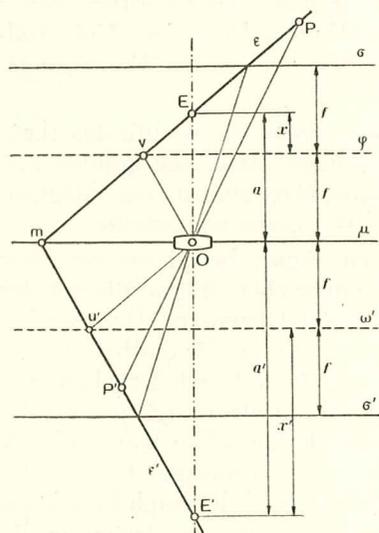


Abb. 20

Zu dieser perspektiven Kollineation gelangt man ferner, wenn man den (bei symmetrischen Objektivs meist sehr kleinen) Abstand D der beiden Hauptebenen vernachlässigt und diese mit der Mittellebene μ vereinigt annimmt. In beiden Fällen folgt aus der perspektiven Kollineation unmittelbar, daß je zwei nach a) optisch konjugierte Ebenen $\varepsilon, \varepsilon'$ die Mittellebene μ längs derselben Geraden m schneiden, wie dies aus Abb. 20 zu ersehen ist („Schnittlinienbedingung“, vgl. F. Steiner [103], S. 58, insbesondere Figur 27). Die Ebenen ε und ε'

sind durch die perspektive Raumkollineation ebenfalls perspektiv kollinear aufeinander bezogen, und zwar mit O als Zentrum und m als Achse. Für den Fall $D \neq 0$ siehe C, Abb. 5.

Damit umgekehrt zwei nicht parallele Ebenen $\varepsilon, \varepsilon'$ durch ein Objektiv unter der Annahme $D = 0$ scharf aufeinander abgebildet werden, müssen sie außer der Bedingung, daß ihre Schnittgerade m in der Mittellebene μ liegt, noch eine weitere erfüllen, z. B. die, daß ihre Schnittpunkte E, E' mit der Objektivachse der Linsengleichung (Abb. 20):

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

oder, wenn $a - f = x, a' - f = x'$ gesetzt wird der Relation: $xx' = f^2$

genügen. Darin bedeuten f die Brennweite des Objektivs und a, a' die Abstände zweier auf der Objektivachse gelegener konjugierter Punkte E, E' vom Objektivmittelpunkt O bzw. für $D \neq 0$ ist $a = EH, a' = E'H'$ (Abb. 19).

Die Brennebenen φ, ω' des Objektivs sind die (zu den Hauptebenen parallelen) *Gegenebenen* der Raumkollineation (Abb. 19, 20). Diese Ebenen liegen im Ding- bzw. Bildraum und haben von μ (bzw. von η, η') den Abstand f . Zu φ und ω' ist jeweils konjugiert die Fernebene $\varphi' = \omega$. Daher sind die Schnittgeraden zweier beliebiger konjugierter Ebenen $\varepsilon, \varepsilon'$ mit φ, ω' bereits die *Gegenachsen* v, u' der zwischen ε und ε' bestehenden Kollineation.

Im Ding- und Bildraum sind schließlich noch von besonderem Interesse jene Parallelebenen σ, σ' zu den Brennebenen, welche von diesen den Abstand f , somit von μ (bzw. von η, η') den Abstand $2f$ aufweisen (Abb. 19, 20). σ, σ' werden durch das Objektiv *kongruent* aufeinander abgebildet; dabei liegen aber je zwei in σ, σ' befindliche konjugierte Punkte oder Geraden zu verschiedenen Seiten der Objektivachse.

Zwei beliebige konjugierte Parallelebenen zu den Brennebenen werden durch das Objektiv *ähnlich* aufeinander abgebildet, wie dies dem Normalfall der photographischen Vergrößerung oder Verkleinerung entspricht.

II. DER AUSGANGSPUNKT

Die bei vereinigter oder nicht vereinigter Lage der Hauptebenen bestehende kollineare Verwandtschaft optisch konjugierter Punkte war bereits A. F. Möbius bekannt [85] und wurde u. a. von S. Czapski in seiner Einführung in die *Abbesche Theorie* [55] ausführlicher erläutert. Auf diese Kollineation stützte sich Scheimpflug in seinen Mitteilungen vom Jahre 1898 [2] (siehe auch C, II), ohne jedoch auf irgend eine Quelle zu verweisen. Für die Scharfabbildung zweier nicht paralleler Ebenen $\varepsilon, \varepsilon'$ gibt er insbesondere die schon erwähnte „Schnittlinienbedingung“ und eine aus (1) leicht ableitbare Beziehung zwischen den Winkeln β, β' der Ebenen $\varepsilon, \varepsilon'$ gegen die Objektivmittellebene μ an (siehe C, insbesondere Abb. 5). Es ist jedoch kaum anzunehmen, daß er diese Zusammenhänge unabhängig von anderen Forschern selbständig wiedergefunden hat. Vielmehr hat er die damals bereits vorliegende Literatur, die ihm z. B. in der Bibliothek der Technischen Hochschule in Wien leicht zugänglich war,

zweifellos gut gekannt. Beispielsweise hat er in [2] das Buch von E. Deville [57] zitiert und aus dem Buche von F. Steiner [103] die auf Seite 17 wiedergegebene Figur 1 in seine Veröffentlichung [2], S. 115, genau übernommen (siehe C, Abb. 1).

Für die Schnittlinienbedingung als solche gebührt Scheimpflug nach dem Gesagten keineswegs die Priorität, obschon er dies zu glauben schien (vgl. [27], S. 2). Hingegen steht einwandfrei fest, daß er als Erster die weittragende Bedeutung der erwähnten Tatsachen für die Photogrammetrie klar erfaßte. Daher wurde die Schnittlinienbedingung in der photogrammetrischen Literatur mit einigem Recht nach ihm benannt. So schreibt vor allem O. v. Gruber im „Ferienkurs“ [62], S. 336: „Die Bedingung, daß die Kollinationsachse zweier Ebenen in der Mittelebene des Objektivs liegen muß, das die beiden Ebenen scharf aufeinander abbildet, folgt zwar unmittelbar aus der Abbeschen Theorie, wurde aber in ihrer praktischen Bedeutung zuerst von Th. Scheimpflug erkannt. Diese Schnittlinienbedingung wird daher meist als Scheimpflug-Bedingung bezeichnet.“ In ähnlichem Sinne äußern sich alle anderen Autoren.

Für die optische Scharabbildung zweier nicht paralleler Ebenen gebrauchte Scheimpflug, a. a. O. [2], S. 118, die Bezeichnung „Projizieren im Winkel“. Es erscheint recht bemerkenswert, daß er darauf keineswegs anlässlich der Umbildung von Einzelaufnahmen erstmalig aufmerksam wurde, sondern im Zusammenhang mit der Idee seiner Doppelprojektion (siehe C). Es kam ihm dabei vorerst darauf an, die aus den beiden Projektoren auf eine Projektionsfläche geworfenen Teilbilder scharf abbilden zu können.

Daran anknüpfend suchte er plausibel zu machen, daß die Oberfläche jedes aufgenommenen Objektes, insbesondere eines Geländes, angenähert aus ebenen Flächenstücken zusammengesetzt werden könnte. Die Doppelprojektion oder nach Scheimpflugs Worten, das „optische Vorwärtseinschneiden“ bildete sodann nur ein Mittel zum Zweck. Diese Operation sollte nämlich bei der Herstellung eines Geländeplanes z. B. aus terrestrischen Aufnahmen zuerst den Grundriß eines „mäßig dichten Punktnetzes“ liefern, in das hierauf die Grundrisse der einzelnen ebenen Geländestücke einzupassen waren. Dabei kam jedesmal das „Projizieren im Winkel“ zur Anwendung, und zwar in der Weise, daß das in der photographischen Aufnahme enthaltene Zentralbild jeder einzelnen als eben angenommenen Geländepartie im Wege einer optischen Projektion aus einem bestimmten „Reduktionsaugpunkt“ O^X unmittelbar in den Grundriß übergeführt wurde (siehe C; Abb. 6). Bei der Ermittlung dieser Augpunkte O^X kamen einfache geometrische Sätze zur Anwendung, die Scheimpflug a. a. O. [2], S. 120, an Hand seiner Fig. 6 beispielhaft erläuterte.

Mit dieser Zielsetzung erwachte wahrscheinlich zum erstenmal Scheimpflugs Interesse am Problem der optischen Umbildung. Seine diesem Problem gewidmeten intensiven Studien überschritten aber alsbald den ursprünglichen Rahmen; sie führten ihn zur Erfindung seiner Umbild- und Entzerrungsgeräte und letzten Endes zum „Universaltransformator“, an dessen endgültiger Durchbildung auch G. Kammerer beteiligt war. Auf den Werdegang dieser Instrumente soll erst im nächsten Abschnitt (E III) näher eingegangen werden.

Hier soll noch der Sonderfall der affinen Umbildung kurz besprochen werden, dessen praktische Verwirklichung von Scheimpflug auf mehreren verschiedenen Wegen versucht wurde. Er berichtete darüber u. a. in folgenden

Patentschriften: Ö. P. 20.937 [19], Ö. P. 22.923 [20], Ö. P. 22.924 [21], DRP 164.527 [27], USA P. 751.347 [34], USA P. 752.596 [35]. Wir geben hievon bloß einige Grundgedanken wieder:

Zur Realisierung einer affinen Umbildung kann man entweder a) zwei Geräte für perspektive Umbildungen hintereinanderschalten (siehe Abb. 21) oder b) in geeigneter Weise zwei perspektive Umbildungen am selben Gerät

nacheinander ausführen. Im ersteren Fall müssen die Gegenachsen des Zwischenbildes für die beiden Umbildungen zusammenfallen. Im zweiten Falle kann das auf der Bildebene festgehaltene Projektionsbild auf die Ebene des Originalbildes zurückprojiziert werden. Um bei diesem letzteren Vorgang als zweite Umbildung eine affine Verzerrung des Originales zu erhalten, muß das Objektiv unter Wahrung seiner Mittelebene μ verschoben und die Ebene des Originales um ihre Schnittgerade m mit μ so weit verdreht werden, daß sie parallel wird zur Verbindungsebene des verschobenen Objektivmittelpunktes O_1 mit der Gegenachse u' des Zwischenbildes (siehe Abb. 22). Im Falle a) kann auch ein bloß virtuelles Zwischenbild vorgesehen sein, wenn nämlich das Objektiv der zweiten Umbildung in geeigneter Weise an das Objektiv der ersten Umbildung herangerückt ist (siehe insbesondere Ö. P. 20.937 [19]). Eine weitere Variante ergibt sich, wenn zwei Teleobjektive mit gemeinsamer Achse und festem Abstand zur Verwendung kommen und zwischen diesen noch ein weiteres drehbares Objektiv in den Strahlengang eingeschaltet wird [32].

Eine andere Möglichkeit einer affinen Umbildung bieten zwei sphärisch geschliffene Hohlspiegel, die einander derart schräg gegenübergestellt sind, daß ihre Achsen parallel sind und ihre Brennebenen zusammenfallen. Man kann schließlich auch ein Umobjektiv mit einem Hohlspiegel so kombinieren, daß damit affine Umbildungen des Originals erhalten werden (siehe [27], Fig. 25).

Der Grund, warum Scheimpflug die affinen Umbildungen eine Zeit lang besonders eifrig untersuchte, ist wohl folgender: Wie bereits erwähnt, wollte er jede (terrestrisch) aufgenommene Geländefläche in erster Annäherung durch ein polyederartiges Gebilde ersetzen. Darnach erschien ihm später zweckmäßiger, die in den Aufnahmen enthaltenen Zentralrisse der einzelnen Polyederflächen nicht unmittelbar auf den Grundrißplan zu entzerren (siehe oben), sondern sie vorerst auf ihre (maßstabgerechte) wahre Gestalt zu transformieren

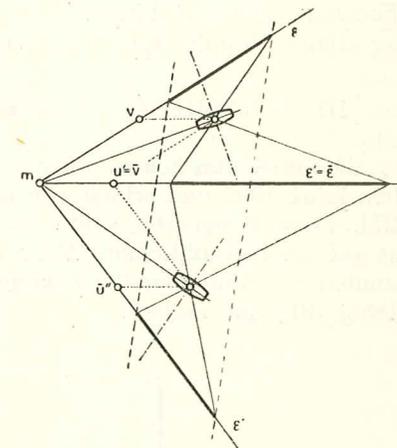


Abb. 21

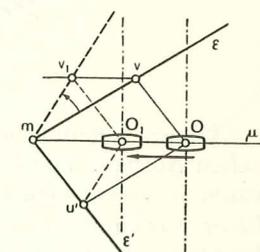


Abb. 22

und diese hierauf im Wege von affinen Umbildungen in den Grundriß zu übertragen. Daß dieses ungenaue und unsichere Verfahren in der Folgezeit keinen Eingang in die Praxis finden konnte, scheint uns heute ziemlich selbstverständlich. Wir dürfen dabei aber nicht vergessen, daß die Genauigkeit der Bildmessung seit *Scheimpflugs* Zeiten beträchtlich gesteigert werden konnte. Diesem Umstand ist vor allem das Scheitern seiner Polyederidee zuzuschreiben (vgl. jedoch [101], S. 164f, wo auf das beim französischen Kataster verwendete „*Facettenverfahren*“ hingewiesen wird). Auf eine ausführlichere Behandlung der affinen Umbildungen soll hier verzichtet werden.

III. SCHEIMPFLUGS UMBILD- UND ENTZERRUNGSGERÄTE

Das erste von *Scheimpflug* entworfene Umbildgerät (*Modell I*) stammt aus dem Jahre 1902 und erhielt von ihm den Namen „*Photo-Perspektograph*“ [18], [27]. Diese Benennung sollte offenbar zum Ausdruck bringen, daß dieses Gerät auf photographischem Wege dasselbe leistete wie die damals bereits bekannten *mechanischen Perspektographen* von *G. Hauck* (1883) [74], *H. Ritter* (1883) [91] und andere.

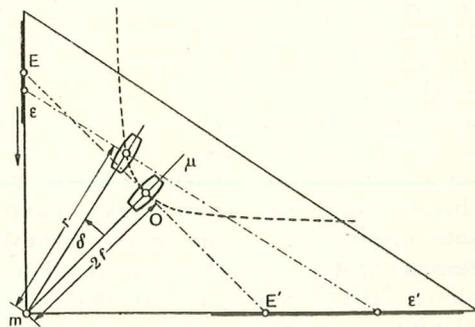


Abb. 23

Dieses *Scheimpflugsche* Instrument hatte noch einen verhältnismäßig einfachen Aufbau. Die beiden Ebenen ε und ε' des Originals und der Projektion waren in zwei zueinander normalen Seitenwänden eines Kastens angeordnet; dieser war rund 60 cm lang, 40 cm breit und 42 cm hoch (Abb. 23). Die Platte des Originals (Format 13×13 cm) konnte innerhalb ihrer Ebene beliebig verdreht und (mittels eines Kreuzschlittens) in zwei zueinander normalen Richtungen verschoben werden. Das Umbildobjektiv war derart beweglich montiert, daß seine Mittelebene μ im Sinne der *Scheimpflug-Bedingung* um die Schnittgerade m von ε und ε' verdreht werden konnte. In der Ausgangslage, in der μ den Winkel zwischen ε und ε' halbierte, mußte der Abstand des Objektmittelpunktes O von der Geraden m gleich $2f$, der doppelten Brennweite, gewählt werden. Denn in dieser Lage hatten die Schnittpunkte E, E' der optischen Achse mit ε bzw. ε' in Übereinstimmung mit E, I , Gl. (1) von O

dieselbe Entfernung $2f$. War jedoch die Ebene μ gegen ihre Ausgangslage unter dem Winkel δ geneigt, dann kam die Scharfabbildung nur unter der Bedingung zustande:

$$\frac{1}{r \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \delta\right)} + \frac{1}{r \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \delta\right)} = \frac{1}{f} \quad \text{oder} \quad r = 2f \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \delta}{1 - \operatorname{tg}^2 \delta}.$$

Dieser Abstand r des Zentrums O von der Kollinationsachse m mußte auf Grund der auf der Mattscheibe erscheinenden Bildschärfe von Hand aus eingestellt werden. Für variables δ beschrieb O den in Abb. 23 angedeuteten Ast einer Kurve vierter Ordnung, nämlich einer „*Kreuzkurve*“, d. i. eine *spezielle Lamésche Kurve* [84]. Diese Kurve besitzt insgesamt vier bezüglich ε und ε' paarweise symmetrische Äste. Auf Grund einer naheliegenden Rechnung ergibt sich, daß der Winkel δ auf kleine Werte (etwa $\pm 8^\circ$) beschränkt bleiben mußte. Andernfalls wäre einer der Punkte E, E' zu weit hinaus gerückt und daher die Umbildung wegen des zu flachen Strahleneinfalles sehr ungenau geworden.

Nach dem Einstellen des Projektionsbildes auf der Mattscheibe (Format 26×34 cm) wurde diese durch eine photographische Platte ersetzt und die Belichtung vorgenommen; der Raum zwischen Original und Bildplatte blieb dabei lichtdicht abgeschlossen. Dieser Vorgang kam auch bei allen späteren Modellen zur Anwendung.

Hier sei noch erwähnt, daß *J. Carpentier*, Paris, bereits im Jahre 1901 ein Umbildgerät für nicht parallele Ebenen angegeben hatte [53], bei dem zwar die „*Schnittlinienbedingung*“ automatisch erfüllt war, das *Vergrößerungsverhältnis jedoch konstant blieb*. *Carpentier* und *Scheimpflug* arbeiteten anscheinend unabhängig voneinander.

Als unmittelbarer Verwendungszweck schwebte *Scheimpflug* beim *Modell I* offensichtlich vor die in C, Abb. 6, angedeuteten Operationen zur Auswertung terrestrischer Photogrammetrie auszuführen, also die *Zentralbilder ebener Geländeauschnitte unmittelbar auf ihre Grundrisse umzubilden*. Dieser Zusammenhang ist bereits aus Abb. 5 deutlich zu erkennen, ferner auch aus Abb. 6, wenn man darin die Diapositivstellung $A'B'$ der Geländeaufnahme durch ihre Negativstellung $A''B''$ ersetzt (siehe Abb. 24).

Im Interesse der Einfachheit war vor allem die Bedingung einzuhalten, daß die lotrechte Bildplatte bei der Aufnahme von der verlängert gedachten Geländeebene längs einer waagrecht Geraden g geschnitten wird (siehe Abb. 6 und 24). *Scheimpflug* erkannte wohl bald, daß die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit dieser Operationen nur selten erfüllt sind. Aber auch hinsichtlich der Wahl des Vergrößerungsverhältnisses war dieses erste Umbildgerät noch sehr beschränkt.

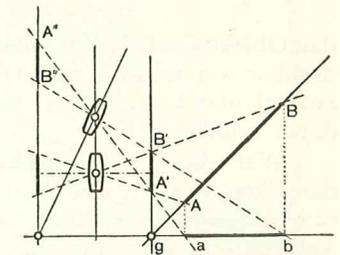


Abb. 24

Aus diesen Gründen schuf Scheimpflug bereits im Jahre 1903 einen zweiten verbesserten „Photo-Perspektographen“, das *Modell II* (Abb. 25). Bei diesem wurde nicht der Winkel zwischen den Ebenen ε und ε' , sondern der Winkel zwischen der Objektivenebene μ und ε' konstant gehalten, und zwar gleich 25° , hingegen konnte der Winkel zwischen μ und der Ebene ε des Originals von 25° bis 55° variiert werden. Da diese Ebene stets durch die Schnittgerade m von μ und ε' hindurchgehen sollte, war ε mit zwei Schraubmuttern drehbar verbunden, die mittels zweier Schraubspindeln *verschiedener Steigung* parallel zu μ und normal zu m verschoben werden konnten (siehe Abb. 25). Damit bei dieser Bewegung die Scharfabbildung nicht verloren ging, wurde

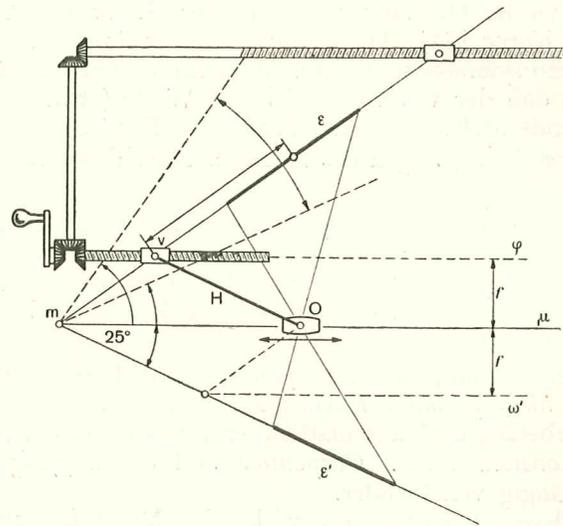


Abb. 25

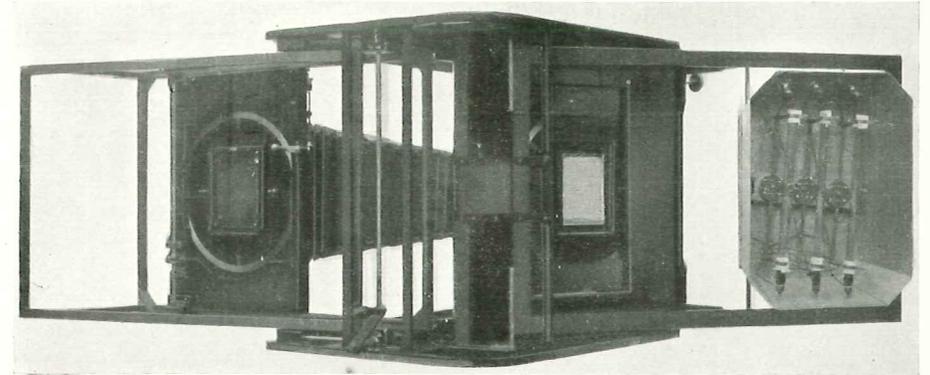
das Objektiv mit Hilfe eines Hebels *H*, der gegenüber ε um die Gegenachse v drehbar war und bis zum Objektivmittelpunkt O reichte, entlang der Ebene μ zwangläufig verschoben; die Brennebenen φ und ω' des Objektivs blieben dabei erhalten.

War die Verschwindungslinie v des Originals von vornherein bekannt, dann konnte noch mittels des Hebels *H* dafür gesorgt werden, daß diese Gerade in jeder Lage von ε mit der Gegenachse v von ε zusammenfiel (siehe Abb. 25 und [27], Fig. 18). Das auf ε' projizierte Bild änderte sodann während der Bewegung von ε bloß seinen Maßstab. *Mechanismen ähnlicher Art wurden später öfter verwendet und als „Fluchtpunktsteuerungen“ bezeichnet.*

Selbstverständlich konnte das Original auch in die festgehaltene Ebene ε' eingelegt und von hier aus mittels des Objektivs auf ε projiziert werden.

Beim *Modell II* hatten die Platten des Originals und der Mattscheibe (Bildplatte) das Format 13×18 cm, die Brennweite des Objektivs betrug $f = 120$ mm. Als Lichtquellen dienten Quecksilber-UViollampen. Das *Modell II*

Photo-Perspektographen von Theodor Scheimpflug



Modell II aus dem Jahre 1902.



Modell IV aus dem Jahre 1906.

wurde von der Firma R. Goldmann in Wien ausgeführt (siehe Tafel VII, oben) und wird derzeit ebenso wie das erste Modell im *Technischen Museum in Wien* verwahrt. Auf Tafel VIII, unten, ist ferner ein Beispiel der mit diesem Modell durchgeführten praktischen Arbeiten zu sehen, nämlich eine Schrägaufnahme eines Teiles von *Wien (Umgebung der Städtischen Gaswerke)*, die Entzerrung dieser Aufnahme und der entsprechende Kartenausschnitt (siehe auch [7], S. 527).

Da der feste Winkel zwischen den Ebenen μ und ε' beim *Modell II* eine empfindliche Beschränkung der Anwendungsmöglichkeiten mit sich brachte, entwarf *Scheimpflug* noch im selben Jahre ein weiteres Instrument, das *Modell III*, bei dem die beiden Ebenen $\varepsilon, \varepsilon'$ um zwei untereinander parallele konjugierte Geraden e und e' drehbar waren, die den Parallelebenen σ, σ' zu μ im Abstände $2f$ (vgl. *E, I*) angehörten (siehe Abb. 26). Diese beiden Drehachsen waren mit Hilfe von Handrädern und Schraubspindeln entlang der Ebenen σ bzw. σ' zu verschieben. Damit e und e' dabei konjugierte Geraden blieben, war überdies ein Hebel H vorgesehen, dessen (zu e und e' parallele) Drehachse (in der Verlängerung) durch den Objektivmittelpunkt O ging. Die Längsachse dieses Hebels blieb ferner stets in Schnittlage mit den Drehachsen e und e' (siehe Abb. 26). Damit war für e und e' die Abstandsbedingung immer erfüllt. Die Schnittgerade m von ε und ε' war als Drehachse auf der Ebene μ fest gelagert, hingegen wurde das Objektiv entlang seiner Mittelebene μ durch den erwähnten Hebel H in die jeweils erforderliche Stellung gerückt. Das Original mußte ferner während der Bewegung der Ebenen ε und ε' von Hand aus derart nachgerückt werden, daß seine Verschwindungsgerade v stets in der dingseitigen Brennebene φ des Objektivs verblieb. Die zuletzt beschriebene Bewegung wurde im Jahre 1915 von *S. Finsterwalder* mittels einer „Fluchtpunktsteuerung“ automatisch betätigt. Im übrigen war aber das *Finsterwaldersche* Entzerrungsgerät vom *Scheimpflugschen Modell III* nicht wesentlich verschieden.

Von diesem *Modell III* versuchte *Scheimpflug* im Jahre 1906 noch eine Variante, das *Modell IV*, bei dem das Objektiv festgehalten blieb und die beiden Drehachsen e und e' der Ebenen ε und ε' mit Hilfe zweier gegensinniger Schraubspindeln entlang der Ebenen σ, σ' entgegengesetzt gleiche Verschiebungen erfuhren. Die immer noch materiell ausgebildete Schnittgerade m war längs der Ebene μ verschiebbar angeordnet (siehe Tafel VII, unten).

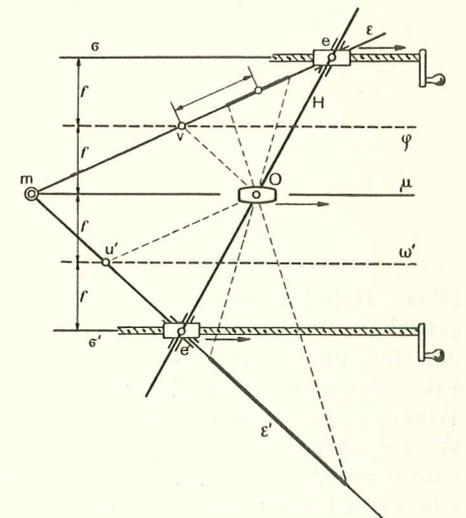


Abb. 26

Trotz der gegenüber dem *Modell I* erzielten bedeutenden Fortschritte gab sich *Scheimpflug* damit noch nicht zufrieden. Da die Kollineationsachse m beim *Modell I, II, III* eine feste Lage hatte und auch beim *Modell IV* vom Zentrum O nicht *beliebig weit abgerückt* werden konnte, versagten diese vier Modelle bei allen Aufnahmen steil nach abwärts aus der Luft. Gerade solche Aufnahmen waren aber für *Scheimpflugs* Pläne von besonderer Wichtigkeit (vgl. u. a. *F*). Er setzte sich daher zum Ziel, ein *Instrument ohne materielle Realisierung der Schnittgerade m* zu entwickeln, und versuchte zuerst folgende Lösung dieser Aufgabe: Er verlegte die Drehachsen e und e' der Ebenen ε und ε' wie bei den *Modellen III* und *IV* in die Ebenen σ bzw. σ' , die von μ den Abstand $2f$ haben, und besorgte die Verschiebungen dieser Achsen entlang σ bzw. σ' abermals mit einem um O drehbaren Hebel H (siehe Abb. 27).

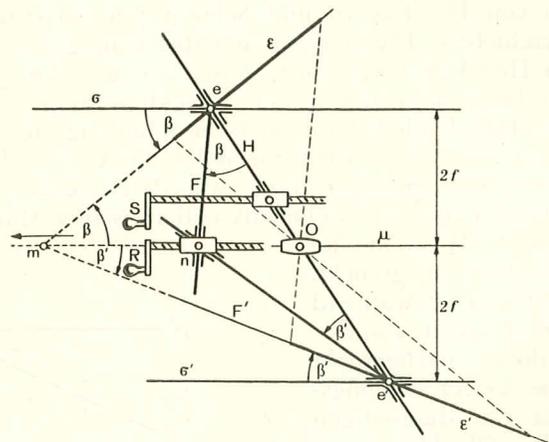


Abb. 27

Dieser Hebel wurde nunmehr durch eine zu μ parallele Schraubspindel S angetrieben. Ferner waren zwei weitere Hebel F und F' vorgesehen, von denen der eine um die Achse e , der andere um die Achse e' gedreht werden konnte. Eine besondere Vorrichtung (mit Kegelzahnradern) sorgte nun dafür, daß der Winkel β zwischen den Ebenen σ und ε immer entgegengesetzt gleich dem Winkel zwischen den Längsachsen der Hebel H und F war. In gleicher Weise wurde der Winkel β' zwischen σ' und ε' immer negativ gleich dem Winkel zwischen den Längsachsen von H und F' gehalten. Die Hebel F und F' bewegten sich ferner durch zwei Gleitlager, die um eine gemeinsame Achse n drehbar waren. Wurde nun diese Drehachse n von einem Handrad R aus entlang der Ebene μ verschoben, so blieb die (nicht materialisierte) Schnittgerade m von ε und ε' stets innerhalb von μ . In der Tat konnte aus der Ähnlichkeit der Dreiecke $\triangle Oen \sim \triangle Ome$ und $\triangle Oe'n \sim \triangle Ome'$ leicht gefolgert werden, daß die beiden Schnittgeraden von ε bzw. ε' mit der Mittelebene vom Zentrum O stets den gleichen Abstand hatten, also zusammenfielen.

Nach diesem Schema war das *Modell V* konstruiert (siehe u. a. [32]). *Scheimpflug* war damit zum ersten Male die *mechanische Erfüllung der Schnittlinienbedingung ohne Rücksicht auf die Lage der Schnittgeraden m* gelungen. Die Verdrehungen der Ebenen $\varepsilon, \varepsilon'$ waren darnach innerhalb weiter Grenzen *einschließlich der Parallellage zu μ* möglich.

Diesem Vorzug standen aber noch einige *Nachteile* gegenüber, vor allem der, daß bei nahezu oder genau parallel liegenden Ebenen ε und ε' das *Maßstabs-Verhältnis* zwischen Original und Projektion immer nahezu oder genau *gleich 1:1* war. Dies hatte zur Folge, daß die Entzerrung einer Steilaufnahme aus der Luft auf eine *Kartengrundlage*, also auf einen gegebenen Maßstab, im allgemeinen unmöglich war.

Um beliebig vorgeschriebene Maßstabverhältnisse zu erzielen, sah sich *Scheimpflug* endlich genötigt, von der bequemen Lagerung der Drehachsen e, e' innerhalb der Ebenen σ, σ' abzugehen und *diese Achsen in parallelen konjugierten Geraden anzunehmen, die entlang der optischen Achse des Objektivs verschiebbar* waren. Er gelangte damit zum ersten Male zu einer Anordnung dieser Achsen, wie sie bis heute für die meisten Entzerrungsgeräte charakteristisch geblieben ist.

Um während dieser Verschiebungen für die Drehachsen e, e' die Abstandsbedingung, siehe *E, I, Gl. (1)*, auf mechanischem Wege gewährleisten zu können, suchte *Scheimpflug* vorerst nach einem geeigneten „*Bildschärfentrieb*“. Hiefür wäre einer der damals längst bekannten *Inversoren* von *Peaucellier* (1867) [86], *Hart* (1874) [73] u. a. durchaus verwendbar gewesen. Dennoch ging *Scheimpflug* auch in diesem Falle seine eigenen Wege. Von den verschiedenen von ihm ins Auge gefaßten *Inversoren* sollen in der Folge einige beschrieben werden, die in mancher Hinsicht Beachtung verdienen und zum Teil bis heute noch nicht bekannt geworden sind.

Das Letztere ist darauf zurückzuführen, daß *Scheimpflug* seine *Inversoren* erst im Jahre 1908 zusammenfassend erläuterte, und zwar anlässlich der Vorbereitung eines nicht zustande gekommenen Patentes. Die darauf bezugnehmenden Texte sind jedoch im *Scheimpflug-Archiv* erhalten geblieben. Daß die *Scheimpflugschen Inversoren* ziemlich unbekannt geblieben sind, geht auch aus einer Veröffentlichung von *O. v. Gruber* [71] hervor, in der eine Klassifikation der wichtigsten Typen von *Inversoren* angegeben wird, ohne dabei die von *Scheimpflug* erdachten zu erwähnen.

Bei Vernachlässigung des Abstandes D der Hauptebenen η, η' (siehe *E, I*) bilden die Paare *optisch konjugierter Punkte A, A'* auf jedem durch das Zentrum O gehenden Strahl s zwei *kollokale projektive Punktreihen*. Darin bilden die Schnittpunkte des Strahles s mit den Brennebenen des Objektivs die Gegenpunkte V, U' und das (in ihrer Mitte liegende) Zentrum O ist der einzige selbstentsprechende Punkt (vgl. Abb. 20).

Wie aus bekannten Sätzen der *Projektiven Geometrie* gefolgert werden kann, lassen sich zwei derartige Punktreihen immer auch mit Hilfe eines *bewegten starren Winkels* herstellen. Bezeichnet nämlich k einen Kreis, der die Gerade s in O berührt (siehe Abb. 28) und verbindet man einen anderen Punkt X von k mit zwei entsprechenden Punkten P, P' der beiden Reihen, dann schneiden diese Geraden $X \rightarrow P$ und $X \rightarrow P'$ aus k zwei weitere Punkte Z und Z' aus. Werden diese festgehalten, während X den Kreis k durchläuft, dann be-

hält der Winkel ZXZ' seine Größe φ und seine Schenkel schneiden aus s alle übrigen Paare P, P' der projektiven Punktreihen aus. Daß die Zentren Z, Z' als „Gleitstützpunkte“ für die Winkelschenkel durch zylindrische Bolzen von beliebigem Durchmesser und die Schenkel durch entsprechende Führungsschlitze ersetzt werden dürfen, folgt aus bekannten Eigenschaften der vom starren Winkel $\varphi = ZXZ'$ ausgeführten „Konchoidenbewegung“ (siehe [81], S. 175 f).

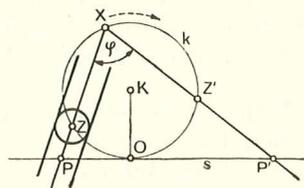


Abb. 28

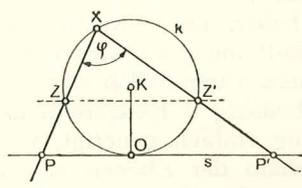


Abb. 29

In Abb. 28 können die Annahmen insbesondere so getroffen werden, daß der starre Winkel eine gegebene Größe hat, z. B. $\varphi = 60^\circ$ oder $\varphi = 90^\circ$. Im letzteren Fall bilden Z und Z' die Endpunkte eines Durchmessers von k . Die Punkte Z und Z' können auch auf einer Parallelen zu s , also symmetrisch zur Verbindungsgeraden von O mit der Kreismitte K liegen (siehe Abb. 29). Der einfachste Sonderfall liegt vor, wenn Z, Z' die Endpunkte des zu s parallelen Kreisdurchmessers sind (siehe Abb. 30).

Auf obige geometrischen Beziehungen zwischen den projektiven Punktreihen P, \dots und P', \dots hat Scheimpflug die meisten seiner *Bildschärfentriebe* aufgebaut und dabei als Strahl s immer die optische Achse des Entzerrungsobjektivs angenommen. Einige dieser Mechanismen werden wegen mancher mechanischer Vorzüge vielleicht noch von praktischem Nutzen sein, etwa die folgenden:

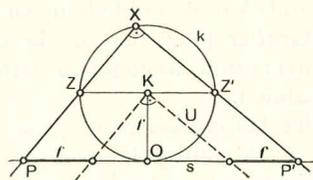


Abb. 30

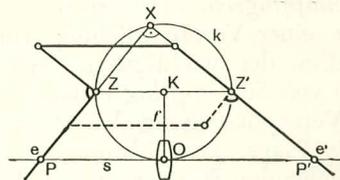


Abb. 31

a) Bei dem z. B. aus Abb. 30 entwickelten *Hebelinversor* ist ein *Gelenkparallelogramm* vorgesehen, von dem zwei Ecken bei den Zentren Z, Z' angenommen sind (siehe Abb. 31). Dies bringt den Vorteil mit sich, daß die beiden Hebelarme, welche aus s entsprechende Punkte P, P' ausschneiden (also die Verschiebungen der durch P, P' gehenden Drehachsen e, e' regeln), um diese Punkte Z, Z' drehbar sind. Das Parallelogramm kann auch die gestrichelt ange deutete Lage haben.

b) Bei dem in Abb. 32 skizzierten Mechanismus wird die Kreisbewegung des Punktes X durch die *Kurbel* KX gewährleistet, so daß von den beiden Zentren Z, Z' nur eines mechanisch realisiert werden mußte.

c) Ferner seien jene *Varianten* der unter a) und b) beschriebenen Inversoren erwähnt, bei denen die Zentren Z, Z' eine *unsymmetrische Lage* wie in Abb. 28, aufweisen. Solche Ausführungsformen kommen besonders in Frage, wenn das Gerät vorzugsweise für einen *bestimmten engeren Vergrößerungsbereich* verwendet werden soll.

Schließlich hat *Scheimpflug* noch andere Inversoren untersucht, unter anderem solche, bei denen die Hebel durch *Zahnräderpaare* ersetzt sind. Es mag überraschend erscheinen, daß *Scheimpflug* derart viele Bildschärfentriebe in Betracht gezogen hat. Dies erklärt sich jedoch daraus, daß ihm als Endziel ein Instrument vorschwebte, bei dem *eine dieser Abstandsregelungen mit einer verbesserten Schnittliniensteuerung wie beim Modell V kombiniert war*. Die Lösung der damit gestellten Aufgabe fiel ihm keineswegs leicht. Sie gelang erst im Jahre 1908 unter Mitwirkung von *Kammerer* durch den letzten entscheidenden Schritt dieser Entwicklung, durch die Erfindung des „*Universaltransformators*“ (siehe Tafel VIII, oben).

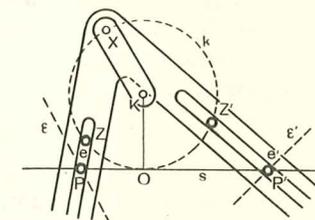


Abb. 32

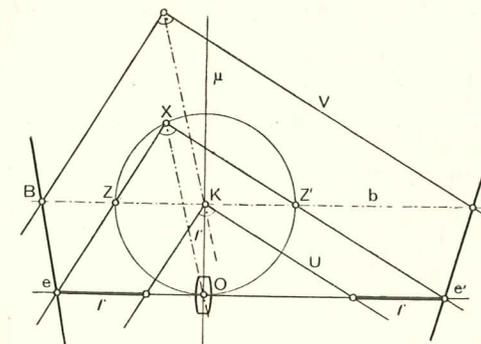


Abb. 33

Die wesentlichen Bauteile dieses Instrumentes, das als *Modell VI* gelten kann, sollen an Hand der schematischen Abbildungen 33 und 34 erklärt werden. Als *Bildschärfentrieb* wurde hier keiner der vorhin beschriebenen Inversoren verwendet, sondern der aus Abb. 30 abgeleitete einfache Mechanismus, bei dem ein *rechter Winkel* U um seinen Scheitel K gedreht wird, wobei K in der Objektivmittelebene μ liegt und vom Zentrum O die Entfernung f hat. Die Schenkel dieses Winkels steuern mittels zweier längs der optischen Achse gleitenden starren Strecken von der Länge f die Verschiebungen der Drehachsen e und e' .

Denkt man sich den parallel verschobenen rechten Winkel ZXZ' hinzugefügt, dessen Schenkel an die Drehachsen e und e' angelegt sind (siehe Abb. 33), dann geht die *Symmetrale* dieses Winkels ZXZ' immer durch O . Die *Scheimpflugbedingung* wird nun auf folgende Weise erfüllt: Es sei b die durch den Kreismittelpunkt K gelegte *Parallele zur Objektivachse*, die von dieser die Entfernung f hat. Ferner bezeichnet c die Mittellinie zwischen b und der Objektivachse (Abb. 34). Die durch die Achsen e und e' gelegten Ebenen ε und ε' des Originals und der Projektion werden von der Geraden b in den Punkten B bzw. B' geschnitten. Um die Schnittlinie m von ε und ε' dauernd in der Mittelebene μ zu halten, werden die Verschiebungen dieser Punkte B, B' längs b derart zwangläufig gesteuert, daß ihre Abstände von K stets der Proportion genügen:

$$BK:KB' = eO:Oe' = a:a'$$

Zu diesem Zweck wird ein *zweiter rechter Winkel* V mit dem Winkel U derart verschiebbar verbunden, daß eine *Symmetrale* von V immer mit jener *Symmetrale des Winkels* U *übereinstimmt*, die näher an O verläuft. Werden die Punkte B und B' an die Schenkel des Winkels V angelegt, dann erfüllen sie

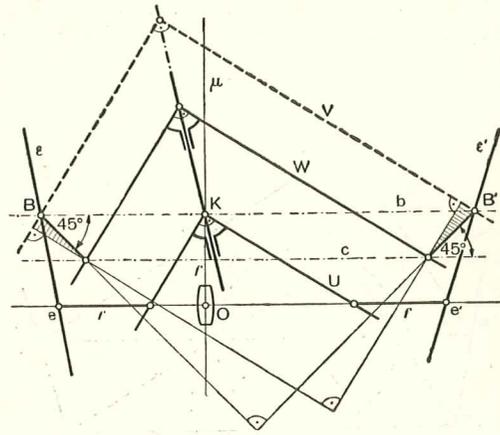
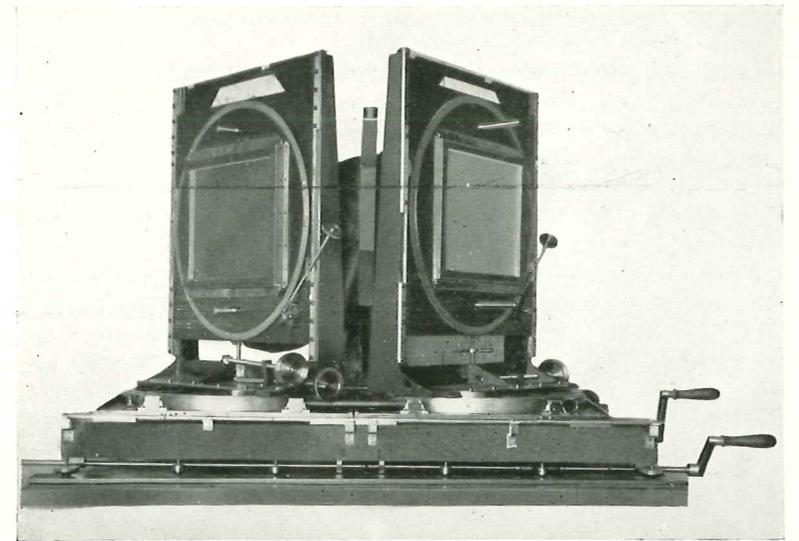


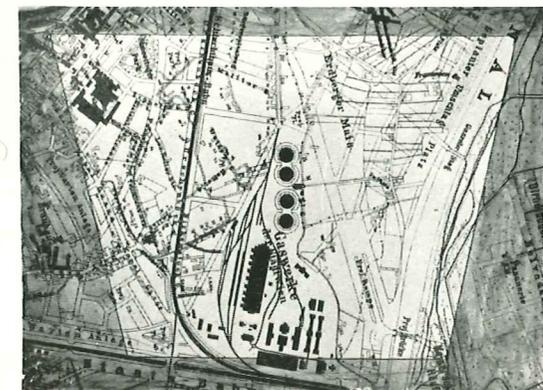
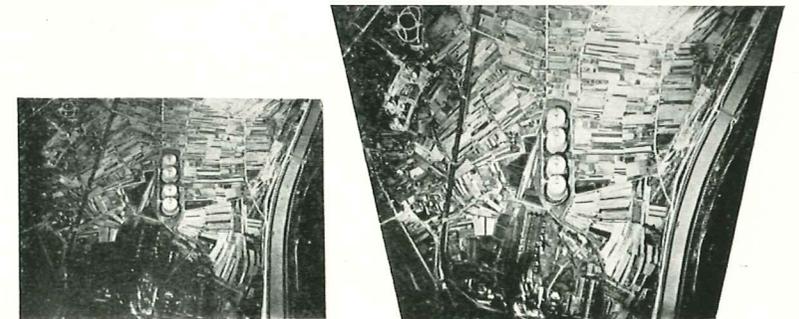
Abb. 34

stets obige Proportion. Mit Rücksicht auf eine günstigere Dimensionierung einzelner Bauteile sind ferner zwischen B, B' und den Schenkeln von V noch *zwei Strecken von der Länge* $\frac{f}{\sqrt{2}}$ eingeschaltet, deren Endpunkte auf den Geraden b bzw. c hin- und hergleiten. Diese beiden Gleitstrecken sind demnach gegen b und c unter 45° geneigt und bewirken eine *Verschiebung des Winkels* V *in die neue Lage* W . Wie aus der Kongruenz der in Abb. 34 geschrafften Dreiecke ersichtlich ist, *bleibt bei dieser Schiebung die gemeinsame Symmetrale der Winkel* V *und* U *auch für* W *erhalten*.

Damit ist aber eine *automatische Schnittliniensteuerung* gewährleistet, und zwar wie beim *Modell V* ohne Rücksicht auf die Entfernung der geometrischen



Universaltransformator von Scheimpflug-Kammerer aus dem Jahre 1908.



Schrägaufnahme eines Teiles von Wien, rechts daneben die Entzerrung dieser Aufnahme, darunter der entsprechende Kartenausschnitt. (Umgebung der Städtischen Gaswerke).

Schnittlinie m der Ebenen $\varepsilon, \varepsilon'$ vom Objektivmittelpunkt O . Die Ebenen ε und ε' sind somit bis zu ihrer Parallellage zu μ und darüber hinaus beliebig verdrehbar, wobei Schnittlinien- und Abstandsbedingung zugleich erfüllt bleiben.

Zur mechanischen Verwirklichung der beschriebenen Vorrichtungen verwendete Scheimpflug ein feststehendes Objektiv (Protar 1:18 von Zeiß) mit 112 mm Brennweite, ferner eine waagrechte „optische Bank“, auf der zwei Schlitten mittels Prismenführungen in der Richtung der Objektivachse hin- und hergleiten konnten. Auf beiden Schlitten waren waagrechte Drehscheiben angebracht, welche die lotrecht gestellten Rahmen für die Aufnahme der Originalplatte und der Mattscheibe (bzw. Bildplatte) trugen (Tafel VIII). Beide Platten hatten das Format 24×36 cm und waren innerhalb ihrer Ebenen $\varepsilon, \varepsilon'$ drehbar sowie in waagrechter und lotrechter Richtung verschiebbar. Die Achsen e, e' der Drehscheiben lagen stets genau in ε bzw. ε' . Die Objektivachse und die parallelen Geraden b und c waren durch Führungsnuten verkörpert. Die darin hin- und hergleitenden prismatischen Bolzen bildeten die Enden der vier früher erwähnten Gleitstrecken. Die Achsen dieser Bolzen wurden dauernd in Anschlag an die Ebenen $\varepsilon, \varepsilon'$ beziehungsweise an die Schenkel der Winkel V und W gehalten. Dies besorgten mehrere an Seilzügen befestigte Gewichte.

Eine solche Ausführungsart scheint uns heute einigermaßen primitiv. Dennoch war dieses erste vollautomatische Entzerrungsgerät für praktische Anwendungen durchaus geeignet. Über die von Scheimpflug mit diesem Instrument und mit den früheren Modellen ausgeführten praktischen Arbeiten wird unter anderem im anschließenden Abschnitt *F* ausführlich berichtet.

Eine genaue Beschreibung des Universaltransformators findet sich unter anderem in der Patentschrift Ung. P. 77167, 1917 [95]. Darin wird ferner die von Scheimpflug ersommene „Methode der optischen Koinzidenz“ erläutert (vgl. hierzu [9], [24], [29]). Er bezeichnete damit das heute wohlbekannte empirische Verfahren zur Lösung der überaus wichtigen Aufgabe, eine photographische Aufnahme auf eine gegebene Entzerrungsgrundlage einzupassen. Von dieser in einem bestimmten Maßstab gegebenen Grundlage wird in der Regel vorausgesetzt, daß sie wenigstens vier günstig gelegene Punkte, z. B. die Grundrisse von Geländepunkten, enthält. Die einzelnen Schritte dieses Verfahrens sind den Figuren 7 bis 12 der erwähnten Patentschrift [95] ohne weiteres zu entnehmen (siehe Abb. 35 a–e). Ähnliche Figuren finden sich seither in fast allen Lehrbüchern der Photogrammetrie, siehe unter anderem [101], S. 160, Abb. 160 a–e.

Mit dieser „Methode der optischen Koinzidenz“ hat Scheimpflug den Schlußpunkt zur Entwicklung seiner Entzerrungsgeräte gesetzt. Er gab damit

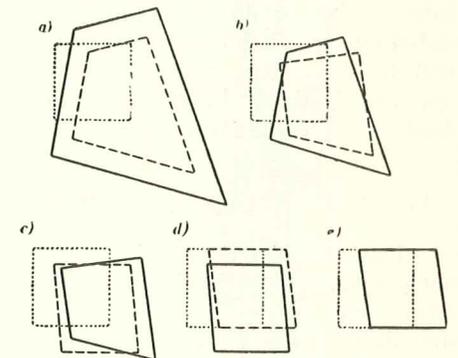


Abb. 35

die wichtigste praktische Handhabung seines Instrumentes an, das er mit vollem Recht „Universaltransformator“ nannte.

Zugleich war nun auch klargestellt, daß zur Lösung der beschriebenen Hauptaufgabe ein Instrument erforderlich ist, bei dem die Einstellung der Originalaufnahme fünf verschiedene Freiheitsgrade aufweist. Als solche kommen beispielsweise in Frage (siehe Abb. 35 a–e): a) Maßstabsänderung mittels der Abstandssteuerung, b) Änderung der Bildneigung bei automatischer Erfüllung der Scheimpflug-Bedingung, c) Drehung des Originals innerhalb seiner Ebene, allenfalls (wie in Abb. 35 c) verbunden mit einer weiteren Neigungsänderung, d) Verschiebung des Originals innerhalb seiner Ebene normal zu ihrer Drehachse e, e) Verschiebung des Originals parallel zu e.

Beim Universaltransformator waren diese fünf Freiheitsgrade zum ersten Male in ausreichendem Ausmaß gewährleistet. Demgegenüber verfügte der „Photoperspektograph“ vom Jahre 1902 (Modell I) bloß über drei, das Modell II (1903) bloß über vier verschiedene Einstellmöglichkeiten. Dieser Mangel war die wesentliche Ursache für das Versagen dieser Geräte in der Praxis. Die späteren Modelle verfügten zwar bereits über fünf verschiedene Freiheitsgrade, doch war deren Spielraum teilweise viel zu eng. Dies gilt besonders für das Maßstabsverhältnis bei den Modellen III, IV und V.

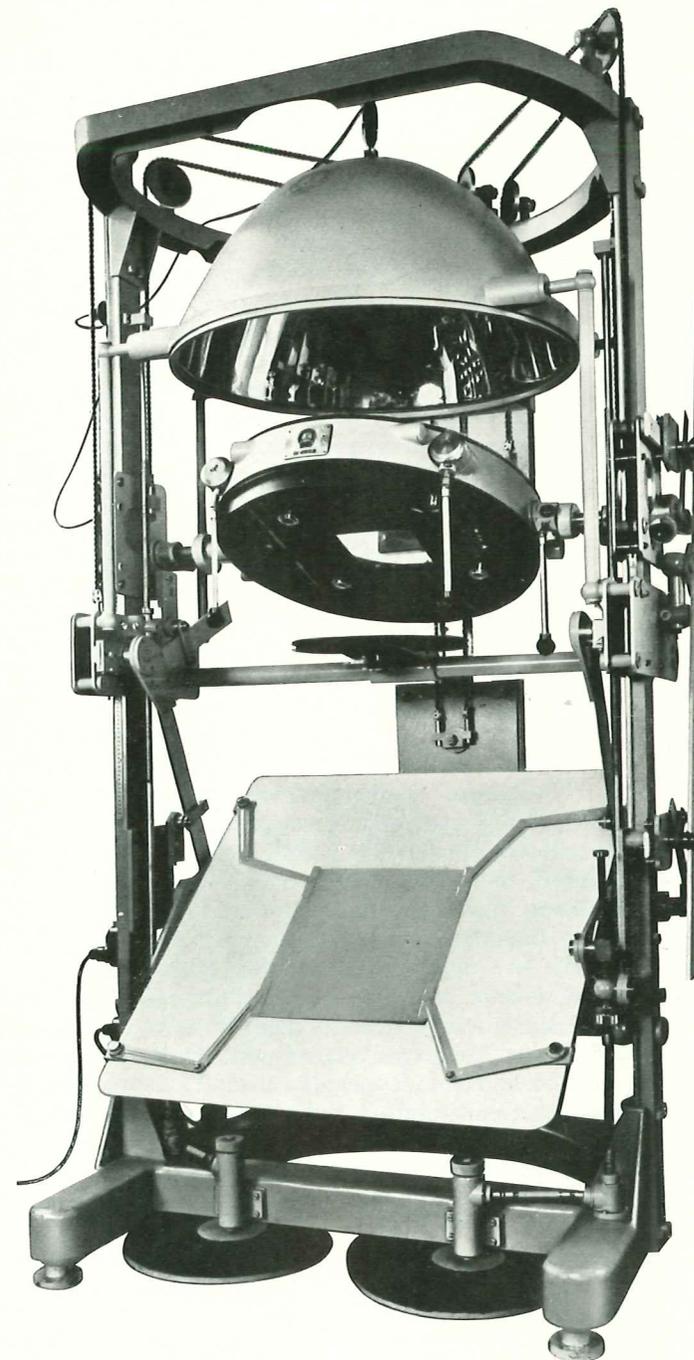
Die Abmessungen des Universaltransformators betragen rund $110 \times 50 \times 80$ cm. Seine wichtigsten Bauteile wurden vom Wiener Mechanikermeister Angermeyer angefertigt. Das Gerät blieb nach Scheimpflugs Tod zuerst im Scheimpflug-Archiv und wurde über Vermittlung von Professor H. Löschner im Jahre 1928 von Professor A. Tichy für seine Lehrkanzel an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Brünn angekauft.

Die hier beschriebenen sechs Modelle hat Scheimpflug praktisch ausgeführt, wobei er ihre mannigfachen Einzelteile (als Vorsichtsmaßnahme gegen unbefugte Nachahmung) meistens von verschiedenen Mechanikern ausführen ließ. In seinen Patentschriften [18], [20], [21] sind noch einige weitere Varianten von Umbild- bzw. Entzerrungsgeräten beschrieben, deren mechanische Ausführung vermutlich auf Schwierigkeiten stieß und daher unterblieb.

IV. ZUR WEITEREN ENTWICKLUNG DER ENTZERRUNGSGERÄTE

Das Problem der Umbildung und Entzerrung von Luftaufnahmen wurde nach Scheimpflugs Tod im Anschluß an seine erfolgreichen Forschungen jahrzehntelang von anderen Photogrammetern eifrig weiterbearbeitet. Es handelte sich dabei vor allem um die Verfeinerung und Verbesserung des Entzerrungsvorganges sowie um die technische Weiterentwicklung der von Scheimpflug erdachten Instrumente, insbesondere des Universaltransformators von Scheimpflug-Kammerer. Wesentlich neue Erkenntnisse und Prinzipien kamen jedoch nicht mehr zur Anwendung. Es handelte sich vielmehr darum, die im Laufe der Zeit gewonnenen praktischen Erfahrungen auszuwerten und die Instrumente den ständig gesteigerten Ansprüchen an Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit jeweils anzupassen.

Die wichtigste später erzielte Verbesserung betraf die Einhaltung der Scheimpflug-Bedingung. Für diese war am Universaltransformator ein noch



Vollautomatisches Entzerrungsgerät SEG I
von Zeiss-Aerotopograph (1934)

zu komplizierter Mechanismus vorgesehen. Dabei wurden insbesondere die beiden Ebenen des Originals und der Bildplatte mit Hilfe von Seilzügen und daran befestigten Gewichten in die richtige Lage gehalten (siehe oben E, III). An Stelle dieser technisch noch wenig ausgereiften Vorrichtung verwendete L. P. Clerc [54] bereits im Jahre 1916 bei seinem „amplificateur-redresseur automatique“ eine zwangsläufige „Schnittliniensteuerung“, die nach einem Patentvorschlag von J. Carpentier [53] aus dem Jahre 1902 ausgebildet war. Diese in Abb. 36 schematisch dargestellte Steuerung hat sich wegen ihrer Einfachheit und ihrer mechanischen Vorzüge alsbald derart durchgesetzt, daß sie bei fast allen später gebauten Entzerrungsmaschinen zur Anwendung kam.

Die meisten nach dem ersten Weltkrieg entwickelten Entzerrungsgeräte wiesen zum Unterschied vom Universaltransformator eine lotrechte Projektionsrichtung von oben nach unten auf. Als „Bildschärfentriebe“ wurden dabei verschiedene Typen von Inversoren herangezogen, so vor allem der Schereninversor von Peaucellier [86], der Pythagoras-Inversor und verschiedene Kurvenführungen nach Hyperbeln. Der zweitgenannte, ein Stahlbandmechanismus (siehe [100], S. 21), fand beispielsweise bei einem automatischen Entzerrungsgerät Verwendung, das im Jahre 1925 von Zeiß-Aerotopograph in Jena konstruiert wurde. Ähnlich eingerichtete Geräte baute damals auch G. d. Konningh in Arnhem, Holland [96]. Als sodann Zeiß-Aerotopograph im Jahre 1934 ein weiter verbessertes Entzerrungsgerät, das SEG I, schuf (Tafel IX), wurde bezeichnenderweise wieder auf den überaus einfachen Rechtwinkelinversor zurückgegriffen, der schon am Universaltransformator von Scheimpflug-Kammerer vorhanden war. Gleichzeitig mit dem SEG I entwickelte dieselbe Firma ein leichter transportables Instrument, das SEG II, bei dem der Projektionsstrahlengang durch einen eingeschalteten Planspiegel rechtwinklig geknickt und die Bauhöhe, die beim SEG I 2,8 m betrug, auf 1,8 m reduziert erschien. Bei beiden Geräten blieb das Objektiv im Raume festgehalten, so daß die Schnittliniensteuerung nach Carpentier ein wenig vereinfacht werden konnte. Wegen weiterer Einzelheiten und aller übrigen bis 1934 entwickelten Entzerrungsgeräte sei auf das inhaltsreiche Buch „Das Entzerrungsgerät“ von K. Schwidefsky [100] verwiesen. Einige weitere Literaturhinweise finden sich in dem 1938 erschienenen Bericht „Deutsches Schrifttum über Bildmessung und Luftbildwesen“ von G. Albrecht [46].

Auch nach diesem Zeitpunkt blieb die Entwicklung niemals stehen. Aus der großen Fülle von Entzerrungsgeräten neuerer Zeit seien hier bloß folgende typische Beispiele herausgegriffen:

a) Das im Jahre 1945 von der Schweizer Firma Wild Heerbrugg A. G. herausgebrachte Entzerrungsgerät E 2. Dieses ähnelt in seinem Aufbau dem vorhin erwähnten SEG I von Zeiß-Aerotopograph, besitzt jedoch als Abstandsteuerung einen Peaucellier-Inversor (siehe Tafel X).

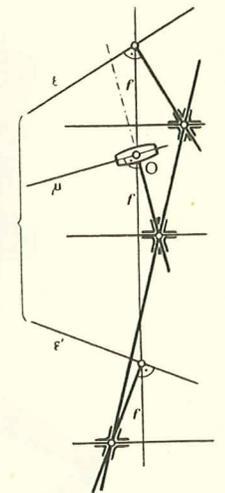


Abb. 36

b) Das Entzerrungsgerät *SEG IV* von *Zeiß-Aerotopograph* aus dem Jahre 1938. Dieses Instrument unterscheidet sich von den früheren Modellen dieser Firma vor allem dadurch, daß hier der Träger für das Originalbild nicht kippbar ist, während die Neigungen des Objektivs zur Erfüllung der *Scheimpflug-Bedingung* mittels biegsamer Wellen den Neigungen des kardanisch gelagerten Projektionstisches angepaßt werden. Als Bildschärfentrieb ist ein *Stahlband-inversor* vorgesehen.

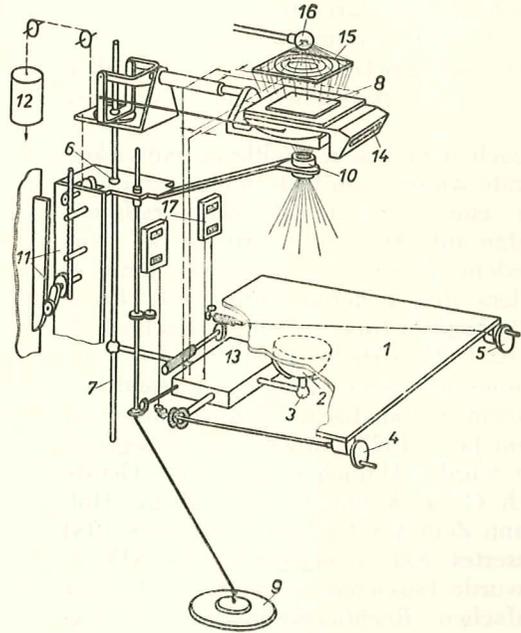


Abb. 37

(Aus K. Schwidefsky [100], S 157, mit freundlicher Erlaubnis des Verfassers).

c) Das im Jahre 1951 fertiggestellte Entzerrungsgerät *SEG V* von *Zeiß-Aerotopograph* (siehe Tafel XI). Dieses ist das modernste derzeit existierende Entzerrungsgerät und stellt eine konsequente Weiterbildung des *SEG IV* dar. Beim *SEG V* bleibt die Mittelebene des Objektivs immer *waagrecht*, hingegen sind der Projektionstisch und der Bildträger für das Original kardanisch gelagert (Abb. 37). Die Abstände des Projektionszentrums von den lotrecht darüber bzw. darunter gelegenen Drehpunkten des Originals und des Tisches werden durch einen *Kurveninversor* derart reguliert, daß die Linsengleichung (1), siehe *E I*, stets erfüllt ist. Der Bildträger wird dabei mittels eines Gegengewichtes in die richtige Höhenlage gebracht. Die *Scheimpflug-Bedingung* wird am *SEG V* erstmalig durch einen *räumlichen*, d. h. auf zwei Freiheitsgrade verallgemeinerten *Carpentier-Lenker* gewährleistet. Außerdem ist eine *Fluchtpunktsteuerung* vorhanden, welche dafür sorgt, daß das Original bei allen Neigungen der Projektionsfläche die erforderlichen Verschiebungen innerhalb seiner Ebene erfährt. Diese von der Aufnahmebrennweite, dem Vergrößerungsverhältnis und den



Vollautomatisches Entzerrungsgerät Wild E2 (1945) der Wild Heerbrugg AG., Heerbrugg / Schweiz

Tischneigungen abhängigen Schiebungen werden mit Hilfe eines *Rechengetriebes* ermittelt und (seit 1955 auf *elektrischem Wege*) *automatisch auf das Original übertragen*. Das von *Scheimpflug* im Jahre 1903 erstmalig eingeführte Prinzip der „Fluchtpunktsteuerung“ (siehe *E, III*) wurde damit auf die höchste Entwicklungsstufe gebracht.

An der Beleuchtungsvorrichtung des SEG V ist der aus zwei gerieften Fresnel-Linsen bestehende Kondensator bemerkenswert. Er ermöglicht eine besonders gute und gleichmäßige Ausleuchtung des Projektionsbildes, ferner die Beschränkung der Bauhöhe des Gerätes auf maximal 2,70 m, obschon Vergrößerungen bis zum *Sechseinhalbfachen* möglich sind. Der von drei Seiten frei zugängliche Projektionstisch ist auf einer *Halbkugel* gelagert und besitzt unter anderem eine Abtropfrinne für das beim Befeuchten des Photopapieres abfließende Wasser.

V. SCHLUSSWORTE

Dieses *Entzerrungsgerät SEG V* entspricht vollauf den konstruktiven Gesichtspunkten unserer heutigen hochentwickelten Maschinenteknik. Allein ein Vergleich zwischen den äußeren Formen des *SEG V* und des Universaltransformators von *Scheimpflug-Kammerer* führt uns den Wandel der Zeiten sehr eindrucksvoll vor Augen. Dennoch können wir sagen, daß auf dem Gebiet der Umbildung und Entzerrung photographischer Aufnahmen *durch Scheimpflugs Arbeiten im Prinzip bereits alle Voraussetzungen für die gesamte spätere Entwicklung bis zu ihrem heutigen erstaunlich hohen Stand geschaffen waren*. Dies bekräftigt vor allem *K. Schwidofsky* [100], S. 49, mit den Worten:

„Derjenige, der die optischen und geometrischen Probleme der perspektiven Umbildung in ihrem ganzen Umfange als erster klar gesehen und gründlich behandelt hat, war der österreichische Hauptmann *Theodor Scheimpflug*.“

„*Scheimpflugs Arbeiten bedeuten auf unserem Gebiete den Beginn grundlegender systematischer und kraftvoller Arbeit.*“

Wir haben diesen Worten nichts hinzuzufügen.

F. Scheimpflugs Landesvermessung aus der Luft

Unter teilweiser Zugrundelegung eines Artikels von *G. Kammerer* im Internationalen Archiv für Photogrammetrie 3, 1913, [77].

Von Prof. Dr. Josef Krames

I. DIE GRUNDGEDANKEN

Das Ziel, das *Th. Scheimpflug* seit seiner frühesten Betätigung als Topograph im Auge hatte, war: Eine Photographie des Geländes als Karte, oder die *Karte als Photographie*, wie er sich im Laufen seines Vortrages auf der 69. Versammlung der Naturforscher und Ärzte in Braunschweig 1897 ausdrückte (siehe *C, D* und [2]).

Er schwenkte mit diesem Gedanken nicht nur von den früheren Methoden punktweiser Messungen im Gelände ab, wie es ja die Photogrammetrie vor 1900 schon tat, sondern er wollte auch das bloß punktweise Auswerten von Gelände-

aufnahmen durch photographische Transformationen ganzer Bildflächen ersetzen. *Scheimpflug* erkannte als einer der ersten die Notwendigkeit, das Gelände *aus der Luft* zu photographieren (vgl. C, D), um den für die Kartenherstellung so dringend benötigten freien Einblick von oben zu gewinnen.

Bei einer Photographie ebenen, waagrechten Geländes, die lotrecht nach abwärts, d. h. mit *genau waagrechter Platte* aufgenommen wurde, sind nicht bloß einzelne auserlesene Punkte richtig eingetragen, sondern die gesamte, auf dem Bild sichtbare Fläche mit allen ihren Einzelheiten. Der Maßstab ist bestimmt durch das Verhältnis der Objektivabstände von Bild und Gelände.

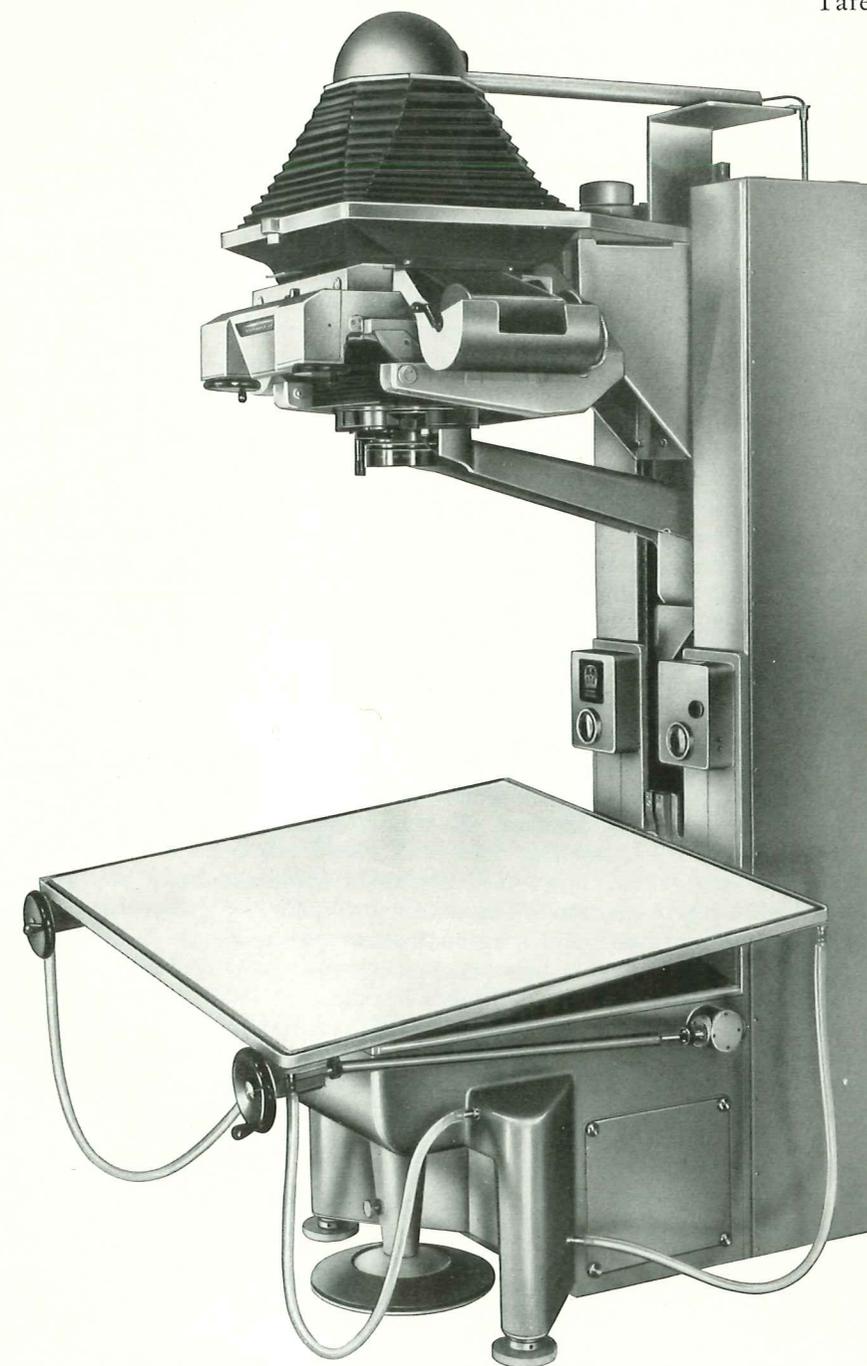
Weniger einfach stand es für *Scheimpflug* allerdings in den allgemeinen Fällen, wo die Platte bei der Aufnahme *nicht waagrecht* lag. Hier handelte es sich zunächst um die Ermittlung der Größe und Richtung der Abweichung von der Waagrechten, dann um die Beseitigung der Verzerrungen im Bild, die von der Neigung der Platte im Raume herrührten. Die erschwerenden Umstände bei geneigten Platten hatten damals schon mancherlei Versuche im Gefolge, die Platten während der Aufnahme stets waagrecht zu halten. Aber auch geneigte Bilder ließen sich streng kartographisch verwerten (vgl. unter anderem [4]). Vor allem gestatteten *Scheimpflugs Photo-Perspektographen* (siehe E, III) das Umphotographieren geneigter Geländeaufnahmen in waagrechte, einerseits durch Einstellungen an den Teilungen des Photo-Perspektographen, wenn die Größe und Richtung der Neigung bekannt waren, andererseits durch „optische Koinzidenz“ (siehe E, III) mit eingemessenen und auf der Mattscheibe des Entzerrungsgerätes vorgezeichneten Geländepunkten; im letzteren Fall gaben die Ablesungen am Photo-Perspektographen alle nötigen Auskünfte über den Aufnahmeort sowie über die Richtung und Neigung der Platte, kurz über die Lage des Bildes im Raume.

Hiezu sei noch ergänzend bemerkt: War das Gelände flach und waagrecht, dann konnten die bekannten Geländepunkte unmittelbar ihrer Grundrißlage entsprechend auf die Mattscheibe übertragen werden. Bei einem gebirgigen Gelände mußten hingegen die Grundrisse dieser Punkte P je nach ihrer Höhe Z über einer gewählten waagrechten „Entzerrungsebene“ $Z=0$ vom (annähernd gegebenen) Nadirpunkt aus in radialer Richtung bis zu den Zentralrissen P^c verschoben werden. Die Verschiebungsstrecke betrug dabei $v = \frac{r}{Z_1 - Z} Z$ (vgl.

Abb. 13), wobei r den jeweiligen Abstand von Nadirstrahl, Z_1 die Aufnahmehöhe bedeutete und die Größen Z , r , Z_1 dem auf der Mattscheibe gewählten Maßstab entsprachen. Bei einem Überschuß von eingemessenen Geländepunkten war durch das optische Koinzidenzverfahren sogar eine Art Fehlerausgleich mit freiem Auge durchführbar, der dem Grundgedanken der Methode der kleinsten Quadrate entsprach und nur wenig Zeit und Mühe erforderte. Proben solcher Umbildungen wurden zum ersten Male bei der österreichischen Ausstellung in London 1906 vorgeführt (siehe auch Tafel VIII, unten).

II. SCHEIMPFLUGS PANORAMEN-APPARATE

Scheimpflug hatte sich seine ersten Geländephographien aus der Luft durch *Drachen* mit fest eingebauter Kamera verschafft. Um mit einer einzigen Aufnahme ein möglichst großes Gesichtsfeld zu decken, baute er einen „Panoramen-



Modernstes vollautomatisches Entzerrungsgerät SEG V
mit elektrischer Fluchtpunktsteuerung
von Zeiss-Aerotopograph München (1953)

apparat“. Dieser bestand aus einer während der Aufnahme möglichst nahe lotrecht nach abwärts zu richtenden Mittelkammer, umschlossen von einem Hexagon von um 45° geneigten Seitenkammern. Zum Waagrechtstellen der Mittelplatte war der Apparat mit *Libellen* versehen (Tafel XII, oben rechts). Über die äußere Orientierung der Bilder dieses Panoramenapparates sagte Scheimpflug während seines Vortrages bei der 78. Versammlung der deutschen Naturforscher und Ärzte in Stuttgart, September 1906, folgendes: „Zur rohen Weiterverarbeitung des Bildmaterials zu ‚horizontierten Vogelperspektiven‘ genügen die Angaben der Libellen allein. Wünscht man dagegen möglichste Genauigkeit und eine vollkommen fehlerfreie Darstellung der Niveauverhältnisse des Geländes, so sind je fünf genauestens eingemessene Punkte des Geländes pro Einzelbild erforderlich“ („Aufgabe der fünf Punkte“, vgl. [103], S. 24).

Eine genaue Horizontierung von Drachen- und Ballonaufnahmen ließ sich nämlich nach Scheimpflugs Untersuchungen selbst unter den günstigsten Verhältnissen durch bloßes Nivellieren des Apparates in der Luft nicht erreichen. Denn erstens gestatteten die Schwankungen, denen der Apparat ausgesetzt war, keine scharfe Einstellung der Libellen, zweitens waren die Angaben der Libellen wegen des unkontrollierbaren Einflusses der Fliehkraft nicht verlässlich genug.

Scheimpflugs Akademieschrift: „Die Herstellung von Karten und Plänen auf photographischem Wege“ [9] beschreibt die Methode der „optischen Koinzidenz“ (siehe E, III) in ihrer Anwendung auf die Orientierung der Aufnahmen gegen Festpunkte im Gelände; ferner die Ermittlung des Schichtenplanes aus horizontierten und geodätisch orientierten „Vogelperspektiven“: A) ohne besondere Hilfsmittel; B) mit Hilfe des Stereo-Komparators; endlich C) die zonenweise Überführung der horizontierten Vogelperspektiven in Orthogonalprojektionen (Grundrisse). Danach war sich Scheimpflug schon zur Zeit, als er diese Akademieschrift vorbereitete, also spätestens im Jahre 1906, ganz klar darüber, daß er seine Aufnahmen aus der Luft paarweise stereometrisch auswerten wolle; er nahm dazu einen Stereo-Komparator in Aussicht und ein solcher wurde ihm im Sommer 1907 von der Firma Zeiß auch geliefert.

Das in der Akademieschrift skizzierte Programm konnte aber nur schrittweise verfolgt werden. Vor allem war der erste Panoramen-Apparat durch einen Sturz bei einem Drachenaufstieg zerschmettert worden und mußte durch einen neuen ersetzt werden. Dieser zweite Apparat und ein dreiteiliger Panoramen-Apparat (für Küstenaufnahmen, siehe Tafel XII, oben links) sind noch erhalten und befinden sich im *Technischen Museum in Wien*. Mit dem neuen Apparat, der gegenüber dem ersten um eine Seitenkammer mehr, also sieben erhielt (siehe Tafel XII, unten), lieferten erst drei Ballonfahrten im September 1907 Bilder, die sich für die Ermittlung der Geländeplastik genügend weit übergriffen. Ferner erwies sich die Transformation der Einzelbilder auf Grund der mechanischen Justierung des Panoramen-Apparates oder auf Grund von Festpunkten, die einer Karte entnommen waren, als zu ungenau, um eine Verarbeitung unter dem Stereokomparator zu rechtfertigen, ja überhaupt zu gestatten. Darum wurde einerseits ein *graphisches Näherungsverfahren* der Orientierung gegen das Gelände und der Höhenbestimmung angewendet, um vorerst auf der *Internationalen Luftschiffahrts-Ausstellung („ILA“)* in Frankfurt am Main (1909) die Vorteile von Aufnahmen aus der Luft mit einer Panoramen-Kamera sowie die Eigenart einer Photokarte vorführen zu können.

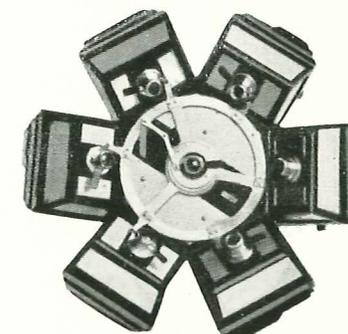
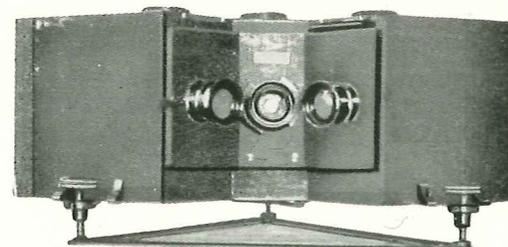
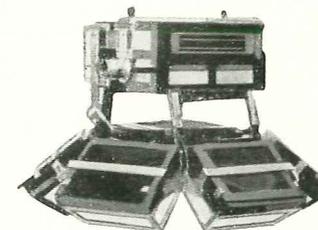
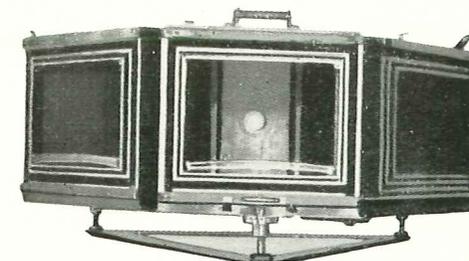
Andererseits versuchte *Scheimpflug* das Zusammenfügen der geneigten Bilder mit dem Mittelbild auf vollkommenerer Weise zu erzielen als bis dahin. Seine gründlichen Versuche erwiesen nämlich eine derartige Genauigkeit des Umbildens durch Lichtstrahlen, daß ihr erst eine schärfere Berichtigung aller „Meßmarken“ Genüge tat. Unstimmigkeiten zwischen den umphotographierten Einzelbildern rührten keineswegs von Verzeichnungen durch die Objektive her, sondern von unzureichend genauer Kenntnis sämtlicher „Konstanten“ des Panoramen-Apparates.

Unter „Meßmarken“ waren die im Panoramen-Apparat eingebauten Marken zu verstehen, die untereinander und gegen die Objektive, Platten und optischen Achsen eine bestimmte feste Lage hatten; aus dieser konnte auf die wechselseitige Lage sämtlicher Bilder des Panoramen-Apparates geschlossen werden, sofern auf den Bildern die Meßmarken mitphotographiert wurden. Solche Marken bildeten die Anhaltspunkte für die Zielrichtungen, Brennweiten usw., kurz für die photogrammetrischen „Konstanten“ des Apparates. Da die Markensrahmen aller Einzelkammern sowie sämtliche Objektive unveränderlich fest in den neuen Panoramen-Apparat eingebaut waren, konnte eine einmalige genaue Berechnung der Apparatkonstanten genügen, um nach ihr jederzeit die Einzelbilder gleichzeitiger Belichtung zu einem ebenen Gesamtbild, also zu einer einheitlichen „*Vogelperspektive*“, zu vereinigen, und zwar ohne Anhaltspunkte im Gelände. Dieser Berechnung legte *Scheimpflug* eine Sternhimmelaufnahme mit dem Panoramen-Apparat zugrunde, d. h. er photographierte mit dem umgestürzten Apparat den Sternhimmel innerhalb des ganzen Gesichtsfeldes, das die Objektive zusammen deckten, und rechnete aus den relativen Sternpositionen mit Berücksichtigung der Refraktion und aus den Abmessungen auf den gleichzeitig belichteten Platten jene Lagen, die sämtliche auf eine gemeinsame Ebene projizierten Markenbilder einnehmen mußten. Photographierte man dann im Perspektographen zusammengehörige Einzelbilder so um, daß ihre Markenbilder mit den ausgerechneten und auf einer „Paßplatte“ vorgezeichneten Marken zusammenfielen, so lagen auch die transformierten Bilder in einer und derselben Ebene, wobei sie so aneinander paßten, als ob das ganze Gesichtsfeld mit einem einzigen Objektiv aufgenommen worden wäre (siehe Tafel XIII).

Diese Berechnung war noch nicht fertig, als im Jahre 1909 die „*ILA*“ beschickt wurde. In die letzten Monate vor der „*ILA*“ fiel auch eine Reihe anderer mühevoller Arbeiten, darunter die Konstruktion und der Bau des *Universaltransformators* (siehe *E, III*) und eines Reproduktionsapparates für das oben erwähnte Zusammenphotographieren der Einzelbilder des Panoramen-Apparates zu einem Gesamtbild auf Glas. Aber auch diese Instrumente konnten für die Herstellung von Demonstrationsobjekten für die „*ILA*“ noch nicht zur Anwendung kommen. Die *Denkschrift der „ILA“* enthielt *Scheimpflugs* Vortrag: „*Die technischen und wirtschaftlichen Chancen einer ausgedehnten Kolonialvermessung*“ [13], der, mit guten Abbildungen illustriert, den damaligen Stand der Sache schilderte.

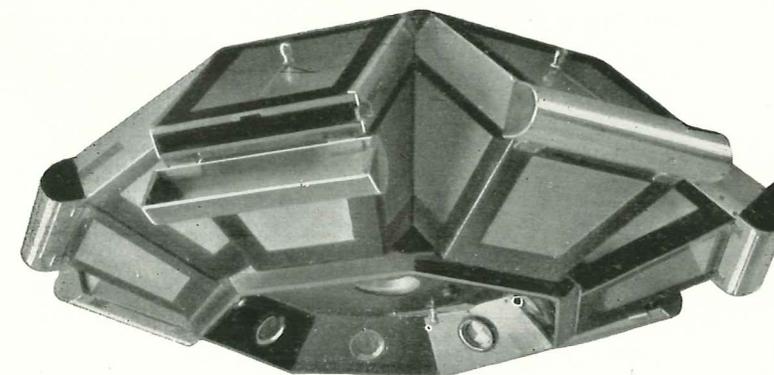
Bezugnehmend auf diese Ausstellung schrieb *Scheimpflug* am 21. April 1911 an Professor S. Finsterwalder in München wie folgt: „*Bei der Frankfurter Ausstellung handelte es sich darum, zu zeigen, was gerade da war. Sowohl die Ausstellungsobjekte wie auch mein Vortrag waren entschieden Improvisationen im letzten Moment und sollten nicht als abgeschlossene Arbeit beurteilt werden.*“

Scheimpflugs Panoramen-Apparate



Dreifacher Panoramen-Apparat mit aufgesetzter Libelle.

Siebenteiliger Panoramen-Apparat mit aufgesetztem Libellenkasten.



Achtteiliger Panoramen-Apparat.

Sie geben sozusagen nur ein Momentbild des damaligen Standes meiner Arbeiten und, da ich unablässig fortarbeitete, so ist klar, daß ich heute schon weiter bin. Sie machen mich darauf aufmerksam, daß meine graphische Triangulierung aus den Bildern leidlich genau ist, dagegen die Genauigkeit der Höhenbestimmung eine ungenügende und begründen das ganz richtig mit den unbekanntem Neigungsfehlern der Panoramen.

Das ist mir ganz klar bewußt und Sie werden auch aus meiner neuesten Publikation [15] entnehmen können, wie ich dem Übelstande beizukommen suche, nämlich dadurch, daß ich zuerst mit den annähernd horizontalen Panoramen die Lage einiger wichtiger Gerippelinien des Geländes im Grundriß feststelle und diesen skizzenhaften Grundriß dazu benutze, um meine Panoramen mit Hilfe des Photo-Perspektographen genau horizontal zu stellen und dann erst mit den genau horizontal gestellten Panoramen einerseits die Höhenunterschiede der Ballonorte, andererseits die Schichtlinien festzulegen trachte.

Ein großer Teil der Fehler bei der Frankfurter Arbeit ist darauf zurückzuführen, daß, um die Panoramen zusammenzufügen, noch Papierkopien gemacht und auf einen Karton zusammengeklebt werden mußten. Das ist ja selbstverständlich ein ganz rohes und unwissenschaftliches Verfahren, das nur gerechtfertigt ist, wenn man rasch dem Laienpublikum etwas zeigen will; aber nicht bei ernster geodätischer Arbeit. In der Zwischenzeit habe ich Apparate und Methoden geschaffen, die ein viel schärferes Zusammenpassen der Bilder ermöglichen. Das Ganze geschieht von Glas auf Glas und geht heute schon so gut, daß die Richtmittel meines Ballonapparates jetzt nicht mehr entsprechen und einer Verfeinerung bedürfen, um die übrige Arbeit nicht zu verderben. Außerdem bin ich soeben damit beschäftigt, einen praktikablen Weg zu ermitteln, um die gegenseitigen Verschränkungen der Panoramen aus den Bildern selbst mit recht großer Genauigkeit festzustellen. Dadurch wird die gegenseitige Verknüpfung der einander übergreifenden Panoramen und ihre Einfügung in ein Triangulationsnetz erster Ordnung zu einer exakten, der Rechnung zugänglichen Arbeit, gegen die auch die strengsten Theoretiker nichts einzuwenden haben werden.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß in meiner Werkstätte ein Zeichenapparat im Bau ist (vgl. hiezu D, III), der für meine Panoramen dasselbe leisten soll, wie der Orelsche Auto-Stereograph für Bilder festen Standpunktes.“

Die in diesem Briefe angekündigte Verfeinerung der Richtmittel des Panoramen-Apparates führten Scheimpflugs Mitarbeiter unter Leitung von Kammerer folgendermaßen durch: Die bis dahin vor den Kassetendeckeln in den Apparat eingebauten Markenrahmen wurden durch neue ersetzt, die bei der Belichtung unmittelbar an der empfindlichen Plattenschicht anlagen und sich nun vollkommen scharf mitphotographierten, während die früheren etwas verschwommen abgebildet waren, so daß sich die erste Berechnung der Apparat-Konstanten als nicht genau genug erwiesen hatte. Sämtliche Apparat-Konstanten wurden sodann aus einer neuen Sternhimmelaufnahme mit dem verbesserten Apparat auf das schärfste berechnet und neue Paßplatten für das genaue Zusammenphotographieren der Einzelbilder zu einem Gesamtbild vorgezeichnet. Aus den Sternhimmelbildern ergab sich nun, daß die Abstände der Platten von den Hauptpunkten der Objektive bis auf 0,03 mm, die wechselseitigen Neigungswinkel und Azimute der optischen Achsen bis auf halbe Bogenminuten genau

waren. Auf den Platten bildeten sich ferner Bezeichnungen der Einzelkammern des Panoramen-Apparates, in die sie eingelegt waren, und fortlaufende Nummern der Kassetten ab, so daß ein Registrieren nicht mehr schwer fiel.

Die zu einem „Vogelperspektiv-Panorama“ umprojizierten Einzelbilder vertraten nunmehr mit hoher Genauigkeit eine Einzelaufnahme mit einem Objektiv von rund 140° Öffnungswinkel (siehe Tafel XIII). Die Brennweite dieser Aufnahme betrug genau 90 mm. Danach deckte jedes solche Panorama ungefähr eine Kreisfläche, deren Durchmesser gleich der fünffachen Aufnahmehöhe h war, also beispielsweise für $h = 900$ m (Maßstab 1 : 10 000) rund 16 km^2 .

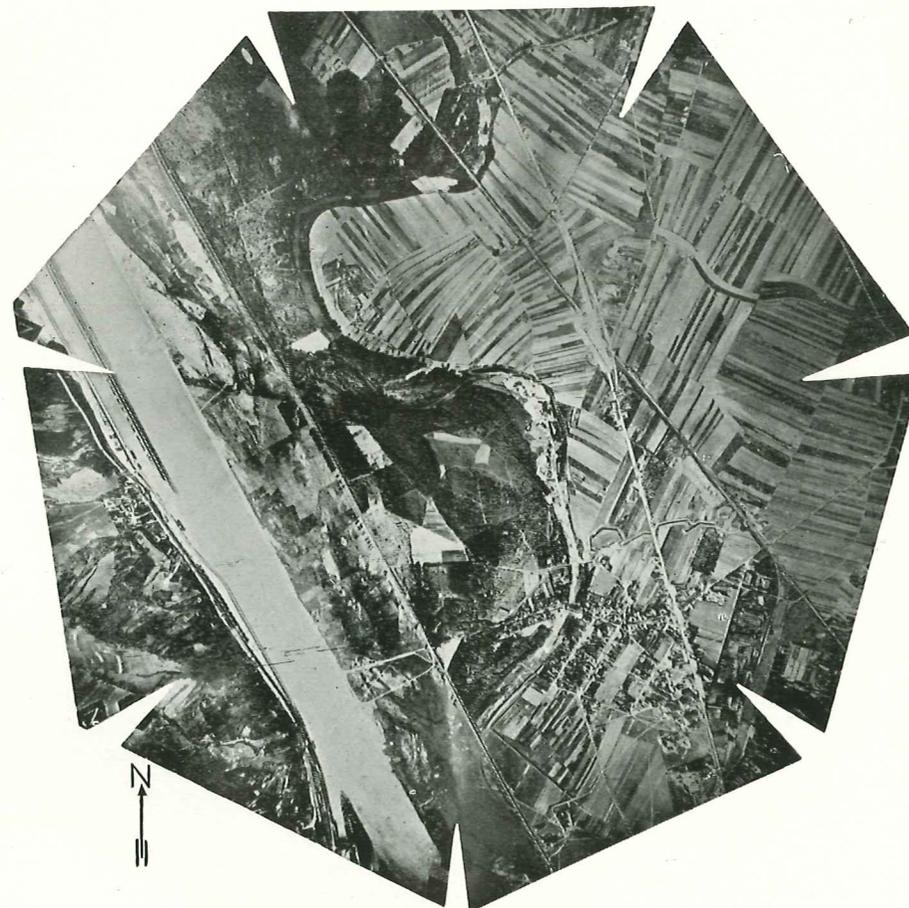
Da das Auswechseln sämtlicher Platten und das angenäherte Waagrechtstellen der Mittelplatte mittels Libellen etwa drei Minuten in Anspruch nahm, konnte sich Scheimpflug leicht ausrechnen, welche Geschwindigkeiten der Freiballon nicht überschreiten durfte, damit je zwei aufeinanderfolgende Panoramen den (besonders bei gebirgigem Gelände) erforderlichen Übergriff aufwiesen. Nun durften aber die Abstände zwischen benachbarten Luftstandpunkten mit den Flughöhen proportional wachsen. Scheimpflug glaubte daher, mit Aufnahmen aus Höhen über 2000 m beträchtliche Landflächen in kürzester Zeit ausmessen zu können. Für solch große Flughöhen kamen aber damals nur Freiballons in Betracht, bei denen das genaue Überfliegen vorausbestimmter Geländepunkte immer nur bei glücklicher Wahl der Aufstiegspunkte und bei besonders günstigen Windverhältnissen möglich war. Um nun hinsichtlich der Fluggeschwindigkeit des Ballons nicht zu sehr beschränkt zu sein, wurde noch zu Scheimpflugs Lebzeiten ein Panoramen-Apparat für Rollfilme durchkonstruiert, mit dem auch größere Fluggeschwindigkeiten voll ausgenützt werden sollten. Dabei war auch Vorsorge getroffen gegen alle Unebenheiten des Filmes während der Aufnahmen. Scheimpflugs Idee, große Landflächen durch „Abschraffieren“ mittels paralleler Aufnahmezüge auszumessen [9], fand in späterer Zeit, als leistungsfähige Vermessungsflugzeuge zur Verfügung standen, ihre selbstverständliche Verwirklichung.

III. SCHÖPFUNG DER AEROTRIANGULATION

Über Anregung von Professor S. Finsterwalder befaßte sich Scheimpflug vom April 1911 angefangen (siehe obiges Schreiben) neuerdings intensiv mit der Ermittlung der gegenseitigen Neigungen zweier sich übergreifender Vogelperspektiven aus den Bildern selbst ohne Paßpunkte im Gelände, also mit der heute sogenannten „Hauptaufgabe der Luftphotogrammetrie“. Bis zu diesem Zeitpunkte hatte er sich für den gleichen Zweck unter anderem eines graphischen Näherungsverfahrens bedient, das bereits horizontierte Panoramen voraussetzte und von J. V. Berger in dem unten erwähnten Vortrag [50] näher erläutert wurde.

Scheimpflug erkannte auch als erster, daß bei Betrachtung zweier Folgebilder unter dem Stereokomparator das Auftreten des Stereoeffektes ein wichtiges Kriterium für die richtige gegenseitige Orientierung darstellt (vgl. D, III, sowie [15]). Dabei konnten auch ungleiche Aufnahmehöhen berücksichtigt werden. Die plastische Wirkung ließ sich auch hier innerhalb gewisser Grenzen durch entsprechende Änderung der Mikroskopvergrößerungen des Stereokomparators aufrechterhalten, allerdings jeweils nur für eine bestimmte Höhenzone.

Vogelperspektiv-Panorama
(Donaulandschaft nördlich von Wien).



Aufnahme mit dem achteiligen Apparat nach dem Umbilden der sieben Seitenbilder auf die waagrechte Mittelplatte.

Des weiteren war sich *Scheimpflug* völlig im klaren darüber, daß die Horizontierung, genauer ausgedrückt, die absolute Orientierung jedes Einzelpanoramas, auf Grund vermessener Stützpunkte im Gelände (siehe unter anderem [12]), eine ausgedehnte Triangulation über das gesamte zu vermessende Gebiet, also enorme Kosten erheischt hätte. Er faßte daher den Gedanken, *aus einer Reihe sich paarweise übergreifender „Vogelperspektiven“ ein einziges dieser Bilder gegen den Horizont und das Gelände zu orientieren und damit sämtliche Bilder der Reihe in genau horizontierte zu verwandeln*. Auf diese Weise konnten zugleich alle Elemente der absoluten Orientierung jedes Bildes der Reihe, insbesondere sein Nadirpunkt, festgelegt werden. Daran anschließend wurde die sogenannte „Kleintriangulation“ ausgeführt. Diese bedurfte nunmehr keiner im Gelände besonders markierter Punkte, sie konnte sich auf die am deutlichsten identifizierbaren Punkte in den beiden übergreifenden Aufnahmen stützen.

Scheimpflug hat damit als erster das Problem der „Überbrückung festpunktlöser Räume“ prinzipiell gelöst und so eines der wichtigsten Arbeitsverfahren der modernen Luftbildmessung, die *Aerotriangulation*, in den Grundzügen festgelegt. In sämtlichen nach dem Jahre 1908 von *Scheimpflug* eingereichten Patentschriften wurde auf diesen Gegenstand eingegangen.

Bis zur praktischen Ausführung dieser *weit vorausschauenden Gedanken* waren indessen noch mannigfache Schwierigkeiten zu überwinden. Wäre die Aufnahmehöhe bei einer ganzen Reihe sich paarweise übergreifender Panoramen immer konstant gewesen, dann ließen sich die einzelnen Bilder auf genau horizontierte von gleicher Brennweite umprojizieren und hierauf ohne weiteres unter dem Stereokomparator auswerten; aus ihnen konnten dann die Grundrisse und Höhenkoten aller aufgenommenen Geländepunkte abgeleitet werden. Da aber bei Luftaufnahmen immer mit Höhenunterschieden zu rechnen war, wiesen je zwei Folgebilder im allgemeinen verschiedene Maßstäbe auf. Wie *Scheimpflug* in seiner Akademieschrift [9] bereits hervorhob, hätte zwar der Stereokomparator auch in diesem Fall wenigstens eine punktweise Auswertung der Bildpaare ermöglicht. Beim Verfolgen einer Schichtenlinie mit festeingestellter Raummarke wäre aber eine kontinuierliche gesetzmäßige Verschiebung der Bildplatten gegeneinander erforderlich gewesen (wobei die Geländepartien entlang dieser Höhenschichte plastisch und daher deutlich hervortraten). Diese zwangläufigen Plattenschiebungen hätte der im Brief an *S. Finsterwalder* (siehe oben) am Schluß erwähnte „*Zeichenapparat*“ leisten sollen, den *Scheimpflug* zunächst im Prinzip erdacht hatte (vgl. *D*, III).

IV. DAS KERNFLÄCHENVERFAHREN

Zur Überbrückung der soeben geschilderten Schwierigkeiten hatte *Scheimpflug* früher ein „*Kernflächenverfahren*“ ausgedacht und praktisch erprobt. Seine Absicht, darüber in St. Petersburg (dem heutigen Leningrad) einen Vortrag zu halten, konnte er jedoch nicht mehr verwirklichen. Erst nach seinem Tode berichtete *J. V. Berger* in der Monatsversammlung der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie am 28. Februar 1913 [50] über das Verfahren. Es handelte sich um folgende graphische Operationen:

Nachdem je zwei bereits horizontierte Panoramen, wie oben erwähnt, näherungsweise gegenseitig orientiert und die zugehörigen Aufnahmezentren

im Raume festgelegt waren, wurden die Schnittpunkte der Verbindungsgeraden beider Zentren (*die Kernachse*) mit den waagrechten Bildebenen aufgesucht und durch diese Kernachse eine Anzahl regelmäßig verteilter Kernebenen gelegt. Diese Ebenen kamen durch ihre (paarweise parallelen) Spuren auf den beiden Bildebenen, d. h. durch die „Kernstrahlbüschel“, zur Darstellung. Deren Scheitel, die „Kernpunkte“, lagen aber in der Regel so weit außerhalb der Zeichenfläche, daß sie nur rechnerisch festgelegt werden konnten. Von den innerhalb dieser Kernebenen vorhandenen *Geländeprofilen* wurden hierauf die Schnittpunkte mit den in Frage kommenden Hauptschichtenebenen aufgesucht und diese Punkte in die horizontierten Panoramen zurückgeführt. Auf diese Weise ergaben sich die *Zentralbilder jeder Schichtenlinie auf wenigstens zwei waagrechten Bildebenen*. Da je zwei von derselben Höhengschichte herrührende Bildkurven dieser Art untereinander ähnlich (im besonderen kongruent) sein mußten, war damit zugleich eine wertvolle Kontrolle gegeben. Weitere graphische Konstruktionen lieferten schließlich den gesuchten *Schichtenplan des Geländes im Grundriß*.

Dieses überaus mühsame Verfahren hat *Scheimpflug* in einigen Fällen tatsächlich praktisch durchgeführt. Ein Teil der dabei angefertigten Konstruktionszeichnungen wurde auf der *Internationalen Flugausstellung im Frühjahr 1913 in Wien* zum ersten Male der Öffentlichkeit vorgeführt. Das hier zugrundegelegte Aufnahmematerial stammte von *Scheimpflugs* dritter Ballonfahrt im September 1907 (vgl. [10]) und umfaßte die Umgebung der Ortschaft *Gnadendorf in Niederösterreich*. Die Abb. 38 zeigt den aus Panoramen abgeleiteten Grundriß dieses Geländes samt Schichtenlinien. Von den vorausgegangenen graphischen Konstruktionen sind bloß die Schnittgeraden der verwendeten Kernebenen auf einer waagrechten Vergleichsebene ersichtlich. Die Herstellung dieses Planes erforderte die Mitwirkung einer Anzahl von Hilfskräften und konnte erst *nach monatelanger Arbeit* im Jahre 1910 zu Ende geführt werden.

Dieser bedeutende Arbeitsaufwand war wohl auch der Grund dafür, daß das Kernflächenverfahren später nicht mehr zur Anwendung kam und *Scheimpflug* alles daran setzte, andere Lösungen der gestellten Aufgabe ausfindig zu machen. Um vor allem die *gegenseitige Orientierung zweier Folgebilder* genauer herauszubekommen, als dies mit den erwähnten graphischen Konstruktionen möglich war, wurden diese durch Rechnungen ersetzt. Letztere kamen nach einer Formel zur Durchführung, die *Scheimpflug* zuerst für parallele Bildplatten abgeleitet hatte (vgl. *D, III*) und später von seinen Mitarbeitern nach seinen Weisungen verallgemeinert wurde. Mit diesem Ergebnis konnten sie ihn noch auf seinem letzten Krankenlager erfreuen. Leider sind nähere Angaben über dieses rechnerische Orientierungsverfahren heute nicht mehr auffindbar.

Überhaupt sind *Scheimpflugs* Forschungsergebnisse meist sehr spät und da nur unvollständig bekannt geworden. Dies ist vor allem auf den Umstand zurückzuführen, daß er nur ganz selten aus seiner mimosenhaften Zurückgezogenheit herausgetreten ist. So hat er z. B. die Verwertung seiner „*Photoperspektographen*“ (siehe *E, III*) für andere als topographische Zwecke (z. B. für das Umbilden von Schrägaufnahmen von Wandgemälden, das dem Photographen ganz außerordentliche Ersparnisse an Gerüstkosten ermöglichte, ja bei etwa störenden Reflexen eine Aufnahme überhaupt erst gestattete, oder für das

Einpassen von Zeichenmustern in geänderte Umgrenzungen, welches Thema auch Anlaß gab zu seinem heftigen Federkrieg mit Angestellten der Österreichischen Nationalbank [11] usw.) ganz in den Hintergrund gestellt, in dem

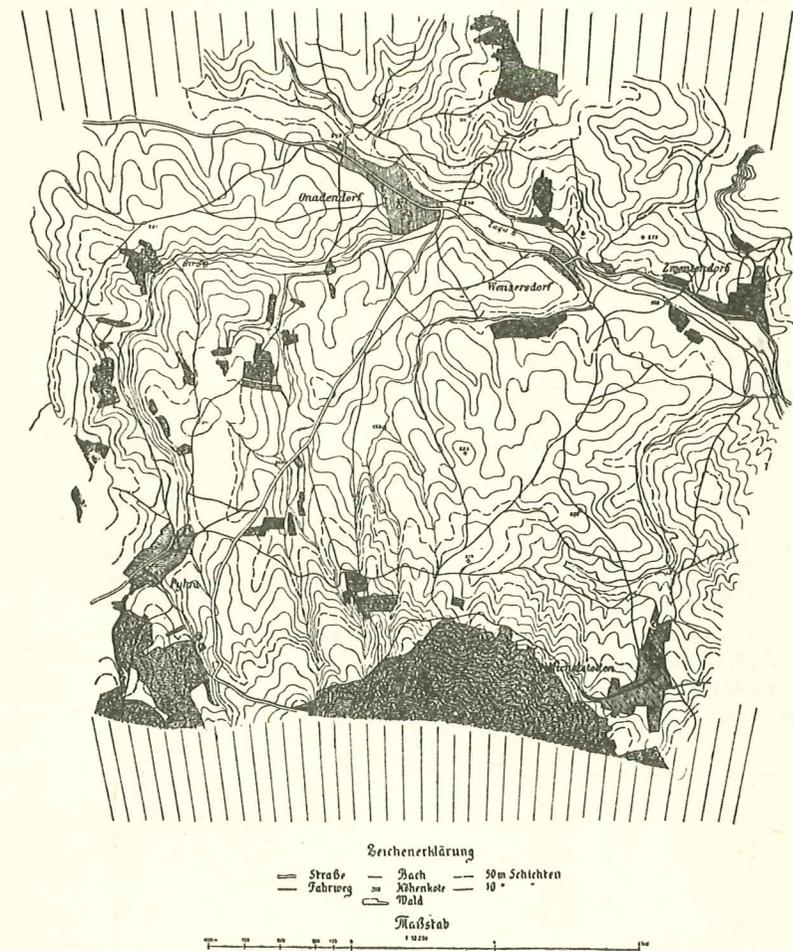


Abb. 38

inbrünstigen Bestreben, sein *aerophotogrammetrisches Vermessungsverfahren* auf eine möglichst hohe Stufe zu entwickeln, bevor er damit an die Öffentlichkeit trat.

V. ZONENTRANSFORMATION UND KARTOGRAPHISCHE AUSGESTALTUNG

Nicht viel weniger Mühe als das Kernflächenverfahren verursachte ferner der nächste Schritt auf dem Wege von den Luftaufnahmen zur fertigen Landkarte, nämlich die *photographische „Zonentransformation“* (siehe u. a. [22]).

Scheimpflug bezeichnete damit die schichtenweise ausgeführte Umwandlung der horizontalen Panoramen (Zentralprojektionen) in eine orthogonale Kartenprojektion (Grundriß). Dabei war vorausgesetzt, daß der Schichtenplan im Grundriß bereits gezeichnet vorlag. Zur Illustration sei auf die Abbildungen 39, 40, 41 verwiesen, wie sie in ähnlicher Form u. a. in einer *Scheimpflugschen* Patentschrift enthalten sind [38].

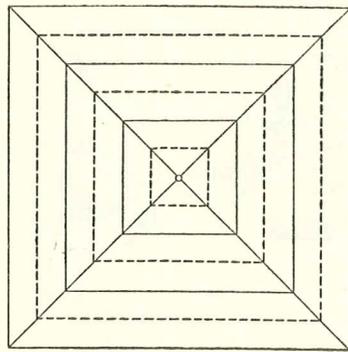


Abb. 39

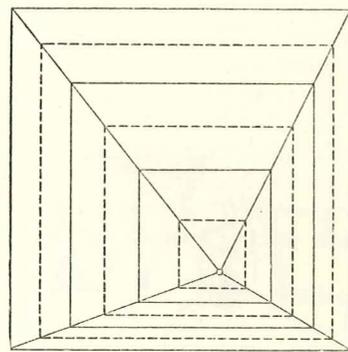


Abb. 40

Um alle am Gelände vorhandenen Böschungen in streng richtiger Orthogonalprojektion darzustellen, hätte man das photographische Zentralbild längs aller möglichen Schichtenlinien in unendlich schmale Streifen (Zonen) zerlegen und jeden davon in einer anderen gesetzmäßigen Weise umformen müssen. Da nämlich jede Luftaufnahme hoch gelegene, also dem Projektionszentrum nähere Geländeschichten in größerem Maßstab abbildete als die tiefer gelegenen, bedurfte die Überführung jeder einzelnen Höhenschichte in ihren richtigen Grundriß einer besonderen Maßstabsänderung. Nun konnte man aber das Bild nicht in unbegrenzt viele Zonen zerschneiden. *Scheimpflug* wollte vielmehr die *photographische Eigenheit des Bildes* wahren und mußte sich deshalb wie bei gewöhnlichen Landkarten auf gewisse, dem Zwecke der Karte angepaßte Stufen beschränken. Demgemäß erfuhr jede Zone, die unzerschnitten bleiben sollte, bloß eine mittlere Maßstabsberichtigung. Die dabei in Kauf genommenen Abweichungen traten um so deutlicher in Erscheinung, je weiter die Entfernungen von Nadirstrahl und je größer die gewählten Höhenstufen waren. Diese Abweichungen bestanden in *Klaffungen oder Überdeckungen benachbarter Streifen des Kartenbildes* entlang jener Schichtenlinien, welche die Zonen begrenzten. Ob Klaffungen (a) oder Überdeckungen (b) auftraten, hing davon ab, ob das Gefälle der betreffenden Gelände-

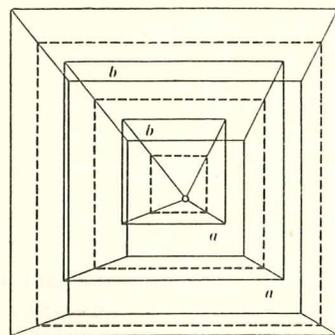


Abb. 41

böschungen vom Nadir aus gesehen nach außen oder nach innen gerichtet war (Abb. 41).

Bei der praktischen Ausführung der „Zonentransformation“ bediente sich *Scheimpflug* eines einfachen, eigens dafür konstruierten (und 1907 von der Firma *R. Goldmann in Wien* gebauten) Gerätes, des „Zonentransformators“ [38] (Abb. 42). Dieser bestand aus zwei nebeneinander gestellten Reproduktionsgeräten (Vergrößerungsapparaten), die parallele Achsen sowie gleiche Objektive und Abmessungen aufwiesen. Beide Kammern waren durch einen gemeinsamen Bildschärftrieb derart gekoppelt, daß sie stets dieselbe Vergrößerung oder Verkleinerung ergaben. Während in den ersten Apparat, in das „Suchergerät“, auf der einen Seite, in Abb. 42 bei A, das Negativ des perspektiven Schichtenplanes, auf der anderen Seite, bei B, der Grundriß des Schichtenplanes eingelegt war, hatte das andere, das *eigentliche Projektionsgerät*, bei C das *Negativ des horizontalen Panoramas*, bzw. bei D die *lichtempfindliche Platte* aufzunehmen. In den beiden perspektiven Bildern A und C und im Grundrißschichtenplan mußten dabei entsprechende Geraden untereinander parallel sein und die Nadirpunkte auf den optischen Achsen des Gerätes liegen. Im perspektiven Schichtenplan besaß nämlich der Bildpunkt jedes Geländepunktes P vom Nadirpunkt N den Radialabstand $r' = \frac{f}{h} r$, wenn f die Brennweite des horizontalen Panoramas, h die Höhe des Aufnahmezentrums über P und r den Nadirabstand im Raum bezeichneten. Vergrößerte oder verkleinerte man nun diesen Plan im Suchergerät derart, daß N und P auf die entsprechenden Grundrißpunkte projiziert wurden, und war k das zugehörige Ähnlichkeitsverhältnis, dann erschienen die Radialabstände aller Geländepunkte derselben Höhenlage $h = \text{konst.}$ in der Projektion auf $r_1 = k r' = k \frac{f}{h} r = \frac{1}{M} r$, also tatsächlich auf denselben Maßstab 1 : M reduziert.

Es wurde nun jeweils eine bestimmte Zone des Geländes herausgegriffen, die von *zwei Schichtenlinien begrenzt* erschien und *in der Mitte dazwischen noch eine dritte bekannte* (in den Abb. 39 – 41 gestrichelte) *Schichtenlinie aufwies*. Die dieser mittleren Schichtenlinie entsprechende Linie des perspektiven Schichtenplanes war sodann im Suchergerät durch geeignete Einstellung des Vergrößerungsfaktor k auf die zugehörige Grundrißschichtenlinie einzupassen. Hierauf wurden im Projektionsgerät die außerhalb dieser Zone befindlichen Teile des Panoramas mit leicht wegwischarer lichtdichter Farbe abgedeckt und die davon freibleibende Zone auf die Platte photographiert.

Dieser Vorgang war für jede weitere vorhandene Zone bei festgehaltener Bildplatte zu wiederholen, wobei letztere mithin immer nur zonenweise zur Belichtung kam. Nach Abschluß dieser Geduldsarbeit ergab sich auf der Platte ein *photographisches Geländebild in orthogonaler Projektion*. In dieser traten

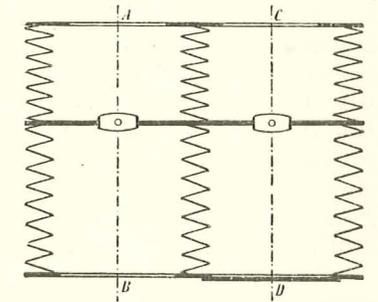


Abb. 42

die einzelnen Zonenränder als dunklere oder hellere Linien hervor, je nachdem dort die benachbarten Bildstreifen sich überdeckten oder klafften. Nachdem diese Überdeckungen und Klaffungen durch Retuschieren beseitigt waren, konnte das gewonnene photographische Landschaftsbild als Grundlage für die angestrebte topographische Photokarte benützt werden. Mit der „Zonen-transformation“ war der photogrammetrische Teil des Scheimpflugschen Verfahrens der Landesaufnahme aus der Luft abgeschlossen.

Zur weiteren kartographischen Ausgestaltung dieser Photokarte bedurfte es noch einer Reambulierung an Hand von Kopien der Originalaufnahmen, wobei alles nachgetragen wurde, was von oben her unsichtbar geblieben war, wie etwa Flurgrenzen, Wege und schmale Wasserläufe im dichten Wald usw. Wie die mittlere Schichtenlinie jeder einzelnen Zone in genau richtiger Grundrißlage erschien, so konnte auch jeder wichtige Einzelpunkt in die Karte exakt eingetragen werden. Danach war die Darstellung hinsichtlich aller wichtigen Punkte und Geländelinien vollauf genau, im übrigen blieb aber das Kartenbild denkbar naturgetreu.

Den Anforderungen kartographischer Prägnanz wurde im photographischen Bild durch verbreiternde Aussparungen besonders der Fahrstraßen und Wege Rechnung getragen. Ferner waren die in der Kartographie üblichen Signaturen und Beschriftungen anzubringen. Schließlich ließ sich auch Hand in Hand mit der Zonentransformation durch Unterlegen farbplastischer Höhenstufen als Endergebnis die „raumtreue Photokarte“ gewinnen. Die ersten auf diese Weise von Scheimpflug unter Mitwirkung des Kartographen K. Peucker [87] ausgearbeiteten Landkarten erregten wegen ihrer bestechenden Schönheit allgemeine Bewunderung. Der grundsätzliche Vorzug der Photokarte, als lückenloses Geländebild, gegenüber punktweise hergestellten Plänen und Karten war einleuchtend: Die Photokarte enthielt alle vom Aufnahmestandpunkt aus sichtbaren Einzelheiten und nicht nur eine kleine Auslese von Punkten und Linien.

VI. TÄTIGKEIT DES SCHEIMPFLUG-INSTITUTES

An der weiteren Entwicklung der Landesvermessung aus der Luft konnte Scheimpflug leider nicht mehr mitwirken. Kurz vor seinem Tode hatte er noch längere Auslandsreisen geplant und deshalb zu seiner Vertretung seinen Mitarbeiter Kammerer nach Wien berufen. Diesem Umstand war es zu verdanken, daß dieser sogleich mit der technischen und wissenschaftlichen Weiterführung der im vollen Flusse befindlichen Scheimpflugschen Forschungen betraut werden konnte. Die Verwaltung des sehr umfangreichen wissenschaftlichen Nachlasses übernahmen Scheimpflugs Geschwister Sektionsrat Dr. Karl Scheimpflug (vgl. u. a. [95]) und Frau Marianne Boller. Das noch zu Scheimpflugs Lebzeiten geplante „Institut für Aerophotogrammetrie“ begann damit unter geänderten Voraussetzungen seine Tätigkeit. Es befand sich im Hause Wien III, Erdberger Lände 6, und widmete sich zuerst hauptsächlich der Aufgabe, die Kartenherstellung aus Luftaufnahmen in Scheimpflugs Sinne weiterzuführen.

Auf diesem Gebiete waren alsbald für die damalige Zeit recht beachtliche Erfolge zu verzeichnen. Insbesondere kamen über ausländische Aufträge eine Reihe von Geländeaufnahmen zur Ausführung. So wurde im Mai 1913

bei Pullach im Isartale südlich von München von einem Fesselballon der dortigen Luftschifferabteilung aus einander übergreifende Geländepanoramen aufgenommen und ausgewertet. Bald darnach führte das Institut anlässlich der Manöver der Schweizer Luftschifferabteilung für die Schweizer Landestopographie eine photogrammetrische Aufnahme des Belpberges südöstlich von Bern durch. Die Aufnahmehöhe betrug dabei 600 bis 800 m. Sodann wurde am 10. August 1913 in Westdeutschland in der Umgebung von Wanne auf einem Parseval-Luftschiff das Scheimpflug-Verfahren einer mexikanischen Kommission vorgeführt. Kammerer absolvierte dabei seinen längsten bis Holland ausgedehnten Ballonflug. Ende September und anfangs Oktober 1913 kamen hierauf in Frankreich in der Umgebung von Cuffie und Pierrefonds unter offizieller Kontrolle an Bord eines Militärluftschiffes Scheimpflug-Aufnahmen zur Durchführung. Schließlich unternahm Kammerer am 11. Oktober desselben Jahres von Gelsenkirchen im Ruhrgebiet aus noch eine Freiballonfahrt und machte dabei abermals Scheimpflug-Aufnahmen für topographische Zwecke.

Zum Arbeitsprogramm des Scheimpflug-Institutes gehörte auch der Instrumentenbau. Es beteiligte sich u. a. an der von der Firma Ernemann in Dresden in Angriff genommenen Entwicklung eines Umbildgerätes für die Seitenbilder eines langbrennweitigen Panoramenapparates für Kriegszwecke. Überdies erhielt das Institut aus England, wo Oberst J. C. Capper bereits im Jahre 1910 auf Scheimpflugs Aerophotogrammetrie ausführlich eingegangen war [52], eine erste amtliche Bestellung, und zwar auf eine aerophotogrammetrische Kundschafterausrüstung.

Gelegentlich des im September 1913 in Wien abgehaltenen ersten Internationalen Kongresses für Photogrammetrie trat das Scheimpflug-Institut zum ersten Male vor die Öffentlichkeit. Seine Instrumente und ausgeführten photogrammetrischen Arbeiten standen auf der mit dem Kongreß verbundenen Ausstellung an hervorragender Stelle. Daneben wurden auch auf der zur gleichen Zeit in Wien abgehaltenen „Adria-Ausstellung“ einige sehr instruktive Arbeitsergebnisse des Institutes gezeigt. Die in den Händen von E. Doležal liegende Kongreßleitung veranstaltete ferner am 25. September eine Exkursion in das Scheimpflug-Institut, bei der eine große Zahl Kongreßteilnehmer anwesend war. Den Führungsvortrag hielt dabei in Vertretung des in Frankreich weilenden Institutsleiters Kammerer (siehe oben) der technische Mitarbeiter G. Zabystrzan.

Die vielversprechende Tätigkeit des Scheimpflug-Institutes sollte jedoch bald ein jähes Ende nehmen. Vorerst kamen die in Österreich geplanten Aufnahme Flüge, für die ein Militärluftschiff vom System „Mannsbarth“ bereit gewesen wäre, teils wegen Ungunst der Witterung, teils wegen verschiedener Schäden an Gasleitungen und Motoren im Jahre 1913 nicht mehr zustande. Als diese Flüge im folgenden Jahre endlich beginnen konnten, ereignete sich am 20. Juni 1914 die erschütternde Luftfahrtkatastrophe von Fischamend, bei der das Vermessungsluftschiff mit einem unvorsichtig gesteuerten Aeroplan zusammenstieß und Kammerer sowie acht Armeeingehörige den Tod fanden

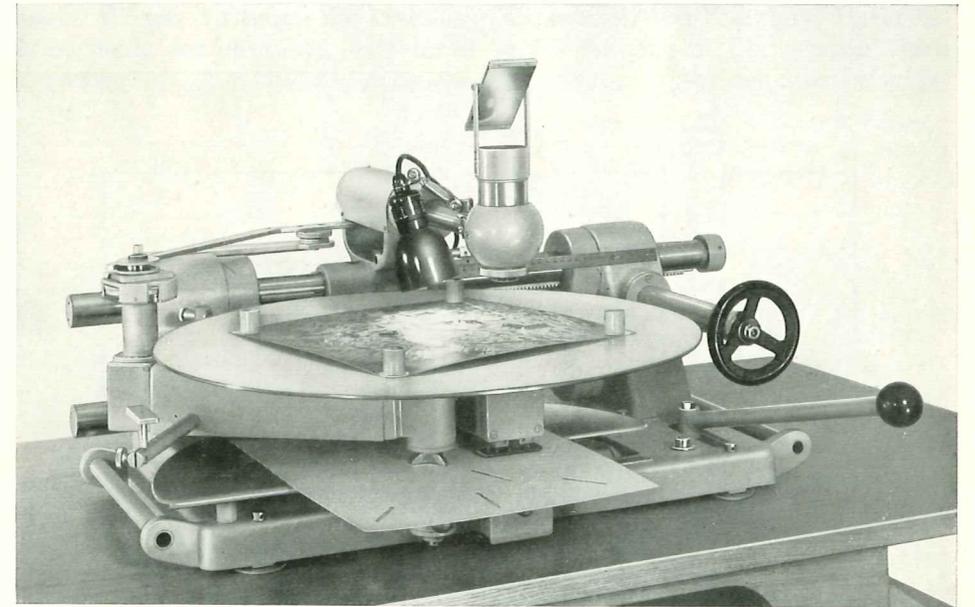
(siehe [59]). Das Institut hatte damit seinen überaus rührigen Leiter verloren und mußte sich in der Folgezeit immer mehr darauf beschränken, *Scheimpflugs Nachlaß der Nachwelt zu erhalten*.

VII. ZUR WEITEREN ENTWICKLUNG

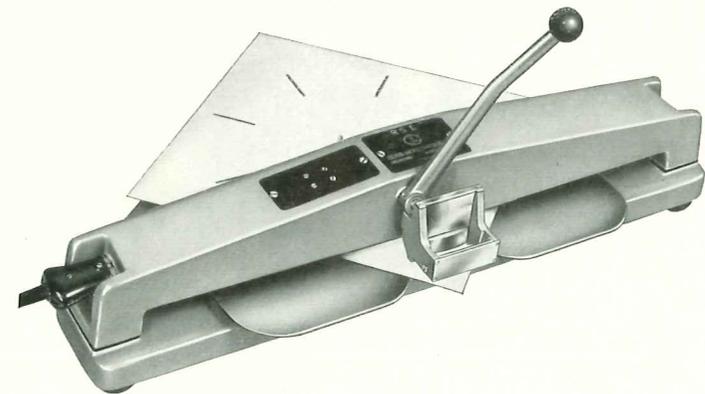
Trotz dieser Schicksalschläge und der Auswirkungen des ersten Weltkrieges trug *Scheimpflugs* Pionierarbeit für die Landesvermessung aus der Luft als bald reiche Früchte. Viele seiner nicht zu Ende geführten Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet wurden später von anderen wieder aufgegriffen und um neue Gedanken bereichert.

Dies gilt vor allem für die „*Radialtriangulation*“, mit der *Scheimpflug* sich von 1908 angefangen wiederholt beschäftigt hatte (siehe unter anderem [29]). Er verfolgte damit die Absicht, aus einer oder mehreren Reihen lotrecht nach abwärts aufgenommener (oder auf Senkrechtaufnahmen umprojizierter) Luftaufnahmen (Panoramen) die Kartenlage einer Anzahl ausgezeichneter Geländepunkte, nämlich der *Nadirpunkte* und gewisser *Hilfspunkte*, abzuleiten, und das auf diese Weise geschaffene Punktnetz als Grundlage für die weitere topographische Auswertung der Luftbilder zu verwenden. Dabei war noch vorausgesetzt, daß benachbarte Bilder in der Flugrichtung oder quer dazu genügend Übergriff aufwiesen, sowie, daß jeder der genannten Netzpunkte auf wenigstens drei Aufnahmen identifiziert werden konnte. Auf jedem der Bilder wurden die vom Nadirpunkt ausgehenden *Radialstrahlen* zu den Bildern der benachbarten Nadirpunkte und der ausgewählten Hilfspunkte gezogen. Die gemessenen Winkel zwischen diesen Radialstrahlen ergaben sodann genügend Anhaltspunkte für die Ermittlung der Grundrißlagen aller Netzpunkte (Nadirpunkte und Hilfspunkte). Hiefür nahm *Scheimpflug* sowohl rechnerische wie auch graphische Verfahren in Aussicht. Bei mäßigen Höhenunterschieden im Gelände waren auf diese Weise verhältnismäßig gute Ergebnisse möglich.

Dieses Verfahren wurde in späterer Zeit noch bedeutend verfeinert [94], [64], [48], [90]. Anstatt der Nadirpunkte kamen dabei auch andere „*Radialpunkte*“, z. B. bei ziemlich flachem Gelände die „*winkeltreuen*“ Punkte (*Fokalkpunkte*, siehe [101], S. 217 f) zur Verwendung. Eine *mechanische Ausführungsform* der Radialtriangulation wurde in den USA im Jahre 1933 von C. W. Collier ausgearbeitet [78]. Die Radialstrahlen waren dabei durch längliche, aus Papierkopien der Aufnahmen ausgestanzte *Schlitze* verkörpert. Überdies erhielt jede dieser Kopien beim „*Radialpunkt*“ ein kreisrundes Loch. Durch diese Schlitze und Löcher wurden gut passende *zylindrische Zapfen* gesteckt und damit alle Kopien aneinander geheftet. Nach dem mechanischen Ausgleich der zwischen den Papierkopien entstandenen Spannungen ergab sich sodann ein „*Bildverband*“, in dem alle Radialwinkel berücksichtigt erschienen. Die Radialpunkte und die verwendeten Hilfspunkte konnten nunmehr kartiert werden, für welchen Zweck alle Zapfen mit achsialen Bohrungen versehen waren. Diese „*slotted templet method*“ fand wegen ihrer Einfachheit in den USA und in anderen Ländern eine rasche Verbreitung. In theoretischer wie auch in instrumenteller Hinsicht wurde dieses Verfahren vor allem in Deutschland weiterentwickelt ([62], S. 318 f, [101], S. 222 f). In jüngster Zeit schuf insbesondere die Firma *Zeiss-Aerotopograph* in München durch Weiterentwicklung



Radialsecator RS I
Hochleistungsstanze für Radialschlitztriangulation
von Zeiss-Aerotopograph München (1951)



Radialsecator RS II
Einfache Brückenstanze
von Zeiss-Aerotopograph München (1955)

eines bereits 1941 gebauten Gerätes den „Radialsecator“ RS I (siehe Tafel XIV, oben), eine technisch hochentwickelte Vorrichtung zum Ausstanzen der oben erwähnten Schlitzte, ferner die einfache Brückenstanze RS II (siehe Tafel XIV, unten). Wegen der durch die jeweiligen Aufnahmehöhen bedingten Maßstabsunterschiede der einzelnen Aufnahmen ist der ausgelegte „Bildverband“ noch keineswegs als „Luftbildplan“ anzusehen. Ein solcher ergibt sich aber beispiels-

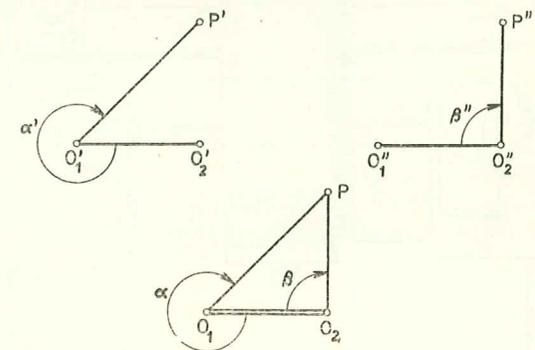
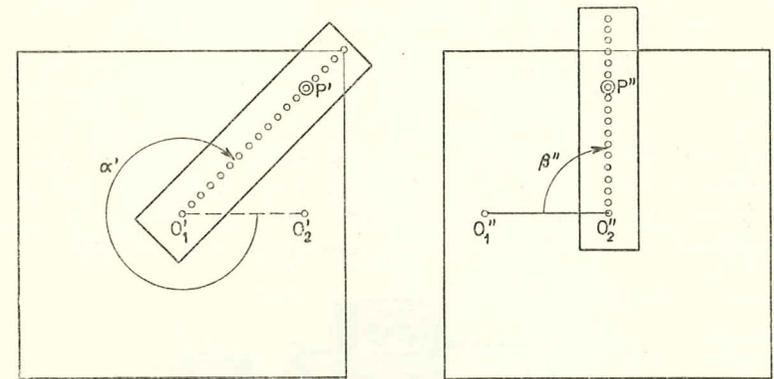


Abb. 43

weise, wenn die gegebenen Luftaufnahmen mittels *Scheimpflugs* „optischer Koinzidenz“ (siehe E, III) auf die gefundenen Grundrißlagen der Netzpunkte photographisch eingepaßt werden. Sofern keine hohen Genauigkeiten gefordert sind, wird mit derartigen Luftbildplänen *Scheimpflugs Lieblingsidee einer „Landkarte als Photographie“* (siehe [2]) in idealer Weise verwirklicht. Die derzeit *modernste Form eines Radialtriangulators*, die auf Patenten von R. Roelofs [92] beruht (siehe die Prinzipskizze in Abb. 43), entwickelte vor kurzem die Wild Heerbrugg A. G. Die Handhabung dieses alten *Scheimpflug-schen Verfahrens* wird damit noch vereinfacht.

Nach dem Vorbild der oben beschriebenen Panoramenkammern von *Scheimpflug* wurden ferner im Laufe der Jahre zahlreiche weitere Aufnahmeapparaturen geschaffen. Wir erwähnen hievon die *Zwei- und Vierfach-Reihenmeßkammern* mit 135 mm Brennweite von *Zeiß-Aerotopograph* (1923 bzw. 1930), ferner die in den USA zur Herstellung kleinmaßstäblicher Karten viel verwendeten „*Trimetrogon*“-Geräte, sowie die *fünf- bzw. siebenteilige Panoramenkammern* von *Fairchild* (USA) und *Barr and Stroud* (England). Eine Panoramenapparatur besonderer Art hatte *Scheimpflug* bereits in einem Brief vom 18. Februar 1910 an *C. Pulfrich* in Jena vorgeschlagen. Es handelte sich um ein Gerät, bei dem sämtliche Teilbilder auf eine gemeinsame Bildplatte projiziert werden sollten, indem den Objektiven der Seitenkammern *doppelt spiegelnde Glasprismen* vorgeschaltet waren. Ähnliche, mit neun Einzelkammern ausgestattete Aufnahmegeräte wurden in neuerer Zeit von der „*Photogrammetrie G. m. b. H.*“ in München nach Angaben von *C. Aschenbrenner* (siehe [49], sowie D. R. P. 469.413, 1926) und von *O. S. Reading* für den *U. S. Coast and Geodetic Survey* gebaut (siehe [101], S. 101).

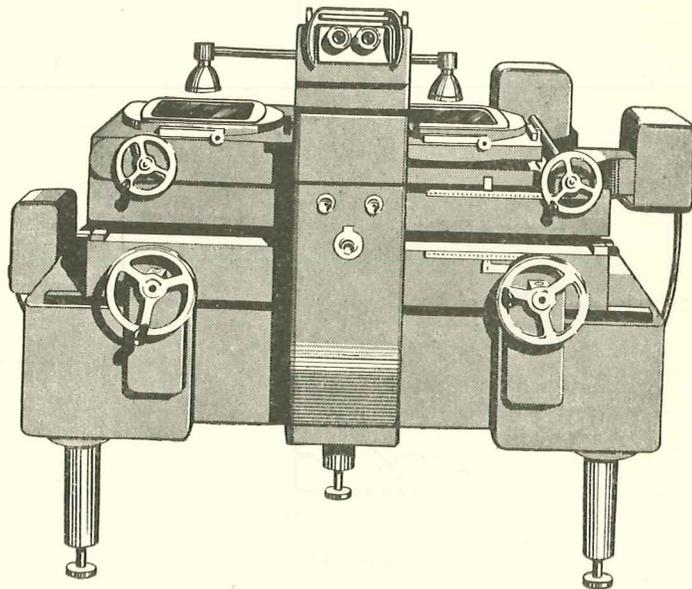


Abb. 44
Stereokomparator Wild StK 1 (1956)

Scheimpflugs „*Zonentransformation*“ wurde gleichfalls später in verfeinerter Form neu aufgegriffen. So hat *O. Lacmann* [82] im Jahre 1929 eine verbesserte Mechanisierung der Zonentransformation angegeben (siehe auch [100], S. 85). Ferner besitzt der von den *Usines Gallus*, Paris, nach Angaben von *R. Ferber* [60], [61] konstruierte und mehrfach verbesserte „*Photorestituteur*“ besondere mechanische Vorrichtungen zur Ausführung der Zonentransformation. Ein wichtiger Bestandteil ist dabei eine *schmale rechteckige Blende*, die

über dem in der Projektionsebene befindlichen Photopapier verschoben und verdreht werden kann. Diese Blende wird entlang der Falllinien des Geländes derart bewegt, daß ihr schmaler Schlitz in seiner Längsrichtung stets zu den an der betreffenden Stelle vorhandenen Schichtenlinien parallel liegt.

Zum Schluß sei noch darauf verwiesen, daß *Scheimpflug* in seiner Akademieschrift [9] bereits einen Gedanken aussprach, der in jüngster Zeit zu einem wirtschaftlich überaus wertvollen Arbeitsverfahren ausgestaltet werden konnte. Es handelt sich um die *numerische Auswertung von Streifen paarweise übergreifender Folgebilder auf Grund von Messungen der Bildkoordinaten bestimmter Geländepunkte mit Hilfe eines Stereokomparators*. Die praktische Durchführung dieses Gedankens wäre zu *Scheimpflugs* Zeiten noch viel zu umständlich und kostspielig gewesen. Seitdem jedoch die *modernen Rechenmaschinen hoher Leistung* zur Verfügung stehen, konnten derartige numerische Auswertverfahren in die photogrammetrische Praxis eingeführt werden (siehe [99], [98]). Die äußerste Konsequenz dieses *Scheimpflugschen* Gedankens ermöglicht ein von der *Wild Heerbrugg A. G.* in jüngster Zeit entwickelter *Präzisions-Stereokomparator* (siehe Abb. 44), bei dem *bereits das Registrieren der Bildkoordinaten* nach dem Einstellen jedes Punktes auf *elektromechanischem Wege automatisch* erfolgt, und zwar mit einer Genauigkeit von 0,002 mm. Diese Koordinaten werden hierauf unter Ausschaltung aller persönlichen Fehler unmittelbar einer *programmgesteuerten Rechenmaschine* zugeleitet.

VIII. SCHLUSSWORTE

Den ursprünglichen *Scheimpflugschen* Aufnahmeverfahren aus der Luft hafteten noch allerlei Mängel an. Vor allem zeigte sich in späteren Jahren, daß es mit den ständig gesteigerten Anforderungen an Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit nicht Schritt halten konnte. *Dennoch gebührt Scheimpflug das bedeutende Verdienst, als Erster den vollständigen Auswertvorgang von der Luftaufnahme bis zur fertigen Landkarte in allen Einzelheiten gründlich durchdacht und in die Tat umgesetzt zu haben. Scheimpflugs Photokarte von Gnadendorf (Abb. 38) war jedenfalls der erste Luftbildplan der Welt und daher der wichtigste Markstein auf dem Wege der Entwicklung der Landesaufnahme mittels photographischer Aufnahmen aus der Luft. Seine größte Leistung auf diesem Gebiet war insbesondere die Schöpfung der Aerotriangulation, des Kernstückes der modernen Luftbildmessung.*

J. V. Berger sagte am Schlusse seines Vortrages [50] sehr treffend: „*Das Bessere ist der Feind des Guten, aber wir können ersteres nur erkennen, wenn wir letzteres besitzen.*“ In diesem Sinne vor allem ist *Scheimpflugs Pionierarbeit* auf dem Gebiete der Landesvermessung aus der Luft zu werten.

Scheimpflug äußerte selbst in edler Bescheidenheit: „*Das Einzige, was ich tun kann, ist, durch mein Beispiel die Machthaber für diese Sache zu interessieren und für andere die Wege zu ebnen.*“

Dies ist ihm wahrhaftig vollauf gelungen!

G. Der Entfernungsmesser Doležal-Scheimpflug mit Teleobjektiv

Von Präsident Dipl.-Ing. K. Lego

I. THEORETISCHE GRUNDLAGEN UND PRINZIP

Obgleich diese Konstruktion den Genauigkeitsanforderungen, wie es *Doležal* auf Grund seiner theoretischen Untersuchungen vorausgesehen hatte, damals nicht entsprach, so möge sie dennoch hier Aufnahme finden, denn sie ist eine der mannigfaltigen Möglichkeiten von Konstruktionen optischer Distanzmesser und außerdem wahrscheinlich der erste Versuch eines Doppelbildgerätes, zu deren Gruppe „Variabler parallaktischer Winkel und konstante Gegenstandsgröße am Zielpunkt“ es gehört. Außerdem ist sie eng mit *Scheimpflugs* Arbeit an seiner „Doppelprojektion“ verbunden, der hiebei, um bei der Projektion der Diapositive in verschiedenen Abständen von der Projektionsebene immer Scharfabbildung zu erzielen, drehbar gelagerte Teleobjektive mit veränderlicher Brennweite verwendete, die er „*Photogrammetrische Lampen*“ benannte.

Das Teleobjektiv besteht wie ein gewöhnliches photographisches Objektiv aus einem konvexen (positiven) Linsensystem, dem aber innerhalb der bildseitig gelegenen Brennweite ein konkaves (negatives) Linsensystem mit einer kleineren, höchstens gleichgroßen Brennweite vorgeschaltet ist. Dadurch wird eine Vergrößerung des Bildes erreicht, wobei der Kameraauszug, und das ist bei photographischen Apparaten der Vorteil, nicht die volle Größe der *neuen* Brennweite

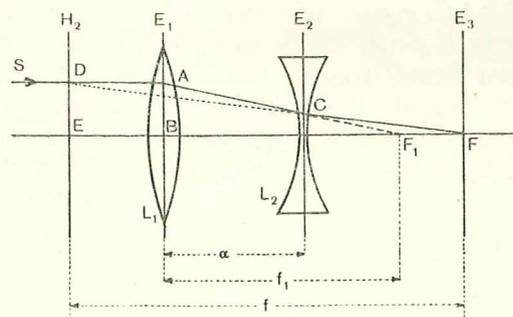


Abb. 45

erreicht. Außerdem läßt sich durch Änderung des Abstandes zwischen dem positiven und dem negativen Linsensystem die Gesamtbrennweite des Teleobjektives und damit auch die Vergrößerung ändern, weshalb sie auch *Objektive mit variabler Brennweite* genannt werden. Ihre charakteristischen Eigenschaften ergeben sich aus der schematischen Darstellung in Abb. 45, in der die beiden Linsensysteme durch einfache Linsen L_1 und L_2 resp. durch deren Ersatzebenen E_1 und E_2 dargestellt sind.

Ein von links kommender achsparalleler Strahl S wird von der Konvexlinse L_1 (Brennweite f_1) in ihren Brennpunkt F_1 gebrochen. Durch die Konkavlinse L_2 (Brennweite f_2) wird er aber von der optischen Achse abgelenkt und trifft sie daher nicht in F_1 sondern in F , dem Brennpunkt des Gesamtsystems, durch den die Bildebene E_3 geht. Um die Länge der neuen Brennweite f zu erhalten, verlängert man den gebrochenen Strahl CF nach rückwärts bis zum Schnitt mit dem achsparallelen Strahl S . Durch diesen Schnittpunkt D geht die zweite Hauptebene H_2 des Telesystems, deren Abstand von F die gesuchte Brennweite f ist. Diese Abbildung zeigt, daß $f = EF$ größer als f_1 ist und daß ihr Anfangspunkt außerhalb des Objektivs, gegenstandsseitig, gelegen ist. Da die Mattscheibe der Kamera durch F geht, ist ihr Auszug um EB kürzer als die Brennweite, f . Je mehr das negative System L_2 dem positiven L_1 genähert wird, um so weiter rückt F nach rechts hinaus, und um so größer wird die Gesamtbrennweite f und damit auch die ihr proportionale Vergrößerung. Die Größe der Brennweite f ergibt sich aus:

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 - f_2 + a} = \frac{f_1 f_2}{\Delta}$$

worin $\Delta = f_1 - f_2 + a$ das „optische Intervall“ genannt wird.

Der erste, der ein Teleobjektiv mit negativer Komponente konstruierte, war der berühmte italienische Ingenieur *J. Porro*, dem die Geodäsie und Photogrammetrie so manche wertvolle Erfindung verdankt. Damit wurde die 1851 bzw. 1856 eingetretene Sonnenfinsternis photographiert [93], S. 2. Die Erfindung geriet später wieder in Vergessenheit und wurde anfangs der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts von mehreren Physikern und Optikern wieder gemacht. Der Prioritätsstreit, der sich damals zwischen *A. Miethe* (Braunschweig) und *T. R. Dallmeyer* (London) entwickelte, die beide auf das Teleobjektiv ein Patent vom Oktober 1892 hatten, trug zu dessen Verbreitung wesentlich bei. Auch in Österreich hatte diese Erfindung ein lebhaftes Echo gefunden. Ing. *Haferl*, Wien, veröffentlichte i. J. 1892 in der Zeitschrift für Vermessungswesen einen Aufsatz über „Das Teleobjektiv und seine Verwendung zu photogrammetrischen Aufnahmen“ und Prof. *Steiner*, Prag, nahm es in sein 1893 erschienenes Lehrbuch über Photogrammetrie hinein [103]. Im gleichen Jahr erschien in den „Mitteilungen auf dem Gebiete des Seewesens“ in Pola ein Artikel von Prof. *Schiffner* „Über Fernsehphotographie und Teleobjektive“.

Durch diese Publikationen hatte *Doležal*, der damals als Professor an der Technischen Mittelschule in Sarajevo tätig war, das Teleobjektiv kennengelernt und sich damit befaßt. *Scheimpflug* hatte schon viel früher, bei der Beschäftigung mit seiner Lieblingsidee, Photogramme unmittelbar zu Karten umzugestalten, ein solches Objektiv verwendet. Ob er es selbst ersonnen oder aus den Publikationen *Porros* [93], S. 2, kennengelernt hat, ist unbekannt. *Doležal* sagt hierüber in dem von ihm verfaßten Lebensbild *Scheimpflugs* [58], S. 243: „Es muß jedoch an dieser Stelle hervorgehoben werden, daß *Scheimpflug* schon ungefähr vier Jahre vor der Publikation des Telesystems durch *Miethe*, *Steinheil* usw. Versuche mit einem optischen System mit variablen Brennweiten angestellt hat und daß sein System mit die-

sem späteren Telesystem im Prinzip vollständig identisch war. *Miethe* hat nur ein günstigeres Anwendungsgebiet für dieselbe Idee gefunden, die Photographie.“ Auf jeden Fall war *Scheimpflug* der erste, der das Teleobjektiv zu Projektionszwecken verwendete. Nur machte *Scheimpflug*, sowie die anderen Konstrukteure das negative Glied verschiebbar, während *Bauersfeld* bei seinem *Stereoplanigraph* (siehe D, II) das positive Glied verschiebt.

Scheimpflug, welcher seit 1896 an der Technischen Hochschule in Wien studierte, hörte bei dem damals als Konstrukteur an der Lehrkanzel für Praktische Geometrie wirkenden Prof. *Doležal* dessen Vorlesungen über Photogrammetrie. *Doležal* wurde bald mit *Scheimpflug* bekannt, der ihm eines Tages mitteilte, daß er sich mit dem Gedanken trage, ein Telesystem mit veränderlicher Bildweite als Distanzmesser auszugestalten und daß er schon mehrere Versuche mit einem von ihm hergestellten Modell ausgeführt habe. *Doležal* wies darauf hin, daß auch er sich seit 1894 mit dem gleichen Gedanken befasse, das Problem theoretisch vollkommen durchgearbeitet und auch Fehleruntersuchungen gemacht habe. Beide arbeiteten nun gemeinsam an der Ausgestaltung der Idee weiter und nahmen über *Scheimpflugs* Wunsch ein gemeinsames reichsdeutsches Patent darauf, welches als „Entfernungsmesser mit Teleobjektiv“ an „Eduard *Doležal* und Theodor *Scheimpflug*“ unter Nr. 99.841 mit Wirksamkeitsbeginn vom 24. November 1896 und Ausgabedatum vom 28. Oktober 1898 verliehen wurde. Mit einem neukonstruierten Modell machten sie in der Vorderbrühl bei Wien Versuche. Aber es bestätigte sich, was schon die theoretische Fehleruntersuchung ergeben hatte, daß die Instrumentfehler viel zu groß waren, um brauchbare Resultate zu erhalten.

Prinzip des optischen Distanzmessers. Es besteht in der präzisen Ausmessung zweier Bilder B_1, B_2 desselben Gegenstandes bei verschiedenen Abständen a_1, a_2 der positiven von der negativen Komponente des Linsensystems des Teleobjektives, also bei zwei verschiedenen Äquivalentbrennweiten und Vergrößerungen. Die Methode ist daher eine Doppelbilddistanzmessung.

Eine Vereinfachung der Distanzmessung ergibt sich, wenn die Gegenstandsgröße genau oder näherungsweise bekannt ist. Dann wird die Bildgröße $B = \frac{G}{n}$ nach entsprechender Wahl von n aus der Gegenstandsgröße G gerechnet und an der Ausmeßvorrichtung (Schraubenmikrometer) genau eingestellt. Nach Anzielung des Gegenstandes wird die Größe des effektiven Bildes durch Verschiebung am Instrument so lange variiert, bis sie genau dem an der Ausmeßvorrichtung eingestellten Fadenabstand entspricht. Dann kann an der Distanzskala des Apparates unmittelbar die gesuchte Entfernung abgelesen werden. In diesem Falle liegt eine Einbild-Distanzmessung vor.

II. DER FERNROHR-DISTANZMESSER

Der Distanzmesser kann entweder in Form eines Fernrohres oder in Form einer Kamera gebaut werden.

Im ersten Falle (Abb. 46) ist die konstruktive Grundlage des Instrumentes ein zylindrisches Objektivrohr A, welches die festmontierte Positivlinse des Teleobjektives L_1 trägt. In ihm befindet sich verschiebbar ein zweites Rohr mit

der Negativlinse L_2 des Objektives. Der Abstand a beider Komponenten des Systems ist variabel und wird durch einen Mechanismus zwangsläufig gesteuert.

Über die Außenfläche des Objektivrohres gleitet in sicherer Führung ein langes Okularrohr B, das an der dem Objektiv entgegengesetzten Seite, an der Stelle, wo das vom Teleobjektiv erzeugte Bild zu liegen kommt, eine Meßvorrichtung S angebracht hat. Es ist dies ein Schraubenmikrometer mit der Ganghöhe g , einem fixen und einem beweglichen Faden, so daß bei Koinzidenz der Bild- und Fadenebene die Bildgröße genau gemessen werden kann. Diese Bildgröße $B = g S'$, worin S' ganze und Bruchteile der Ganghöhe g darstellt, die an der Mikrometerschraube abzulesen sind.

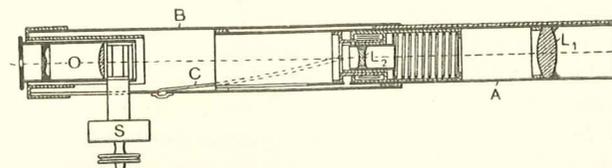


Abb. 46

Das Bild B in der Fadenebene wird mit einem in der Okularhöhe verstellbarem *Ramsdenschen* Okular O beobachtet, welches, einmal auf die Bildfäden eingestellt, in unveränderter Lage bleibt.

Für den einwandfreien Gebrauch des Instrumentes ist es notwendig, daß die früher erwähnten drei Ebenen E_1, E_2 und E_3 schon bei kleinen Änderungen des optischen Intervalls Δ rasch und sicher in die richtige relative Lage zueinander gebracht werden.

Diese korrekte Stellung wird bei einer Verschiebung der Okularröhre automatisch, zwangsläufig, durch eine besondere „Steuerung“ erreicht, die im Inneren des Instrumentes angebracht ist und sehr genau mechanisch gearbeitet sein muß, um präzise zu funktionieren. Wie das nachstehende Beispiel zeigt, ist die Gesamtbrennweite gegen Änderungen des optischen Intervalles Δ sehr empfindlich, so daß das Meßresultat von der richtigen Relativstellung der Linsen in hohem Maße abhängt. Ist z. B. $f_1 = 135$ mm, $f_2 = -15$ mm und

$$\Delta = 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7 \quad \text{mm,}$$

$$\text{so wird } f = 2.025 \quad 1.013 \quad 675 \quad 506 \quad 405 \quad 338 \quad 289 \quad \text{mm.}$$

Es muß also der Bewegungsmechanismus für diese Steuerung sehr genau und sicher wirken.

Ohne auf die näheren Details dieser Konstruktion einzugehen, sei nur bemerkt, daß die Okularröhre eine Kulissee C u. zw. eine Nut resp. Schlitz von der Form einer gleichseitigen Hyperbel hat, in welche ein Stift eingreift. Wird das Okularrohr aus dem Objektivrohr herausgezogen, was eine Verkleinerung des Abstandes a und eine Vergrößerung der Äquivalentbrennweite f zur Folge hat, so gleitet der Stift in die Kulissee und bewirkt auf Grund der im Inneren des Fernrohres angebrachten Einrichtung, daß zwangsläufig die Verstellung der Komponenten des Teleobjektives und der Bild- oder Fadenebene erfolgt, wodurch die drei Ebenen, E_1, E_2 und E_3 sich in richtiger gegenseitiger Lage befinden.

Diese automatische Steuerung, welche der erste Inversor ist (siehe E, III), den *Scheimpflug* konstruierte, gewährleistet bei der Ausführung der Distanzmessungen ganz besondere Vorteile.

Ausführungen einer Doppelbild-Distanzmessung. Erster Messungsvorgang: Bei zusammengesobenem Objektiv- und Okularrohr, welche Stellung durch einen scharfen Anschlag gekennzeichnet ist, wird die Bildgröße B_1 des Gegenstandes G mit einem Schraubenmikrometer gemessen. Diese Messung ergibt die erste Bestimmungsgleichung für die gesuchte Distanz:

$$D = \frac{G}{B_1} \cdot \frac{f_1 f_2}{\Delta_1} + \frac{f_1^2}{\Delta_1} + f_1 \quad (1)$$

Hierin sind f_1, f_2 die bekannten Brennweiten der beiden Komponenten des Objektivs, Δ_1 das ebenfalls bekannte optische Intervall und G die unbekannte Gegenstandsgröße.

Zweiter Meßvorgang: Nun wird bei auseinandergezogenem Objektiv- und Okularrohr — diese Stellung ist wieder durch einen scharfen Anschlag gekennzeichnet und hat das optische Intervall Δ_2 — die Bildgröße B_2 mikrometrisch gemessen. Dann ist

$$D = \frac{G}{B_2} \cdot \frac{f_1 f_2}{\Delta_2} + \frac{f_1^2}{\Delta_2} + f_1 \quad (2)$$

Aus (1) und (2) ergibt sich

$$D = \frac{B_2(f_1 + \Delta_2) - B_1(f_1 + \Delta_1)}{B_2 \Delta_2 - B_1 \Delta_1} f_1 \quad (I)$$

Will man die Gegenstandsgröße G berechnen, um z. B. zur Kontrolle den Distanzmesser als Einbild-Distanzmesser zu verwenden, so dient hiezu die Gleichung:

$$G = \frac{(\Delta_2 - \Delta_1) - B_1 B_2}{B_2 \Delta_2 - B_1 \Delta_1} \frac{f_1}{f_2} \quad (II)$$

Zur bequemen Bestimmung dieser beiden Größen können Tabellen, Nomo-gramme, Rechenschieber eingerichtet oder auch andere Rechenhilfsmittel herangezogen werden.

Die Messung der beiden Bildgrößen in den Extremstellungen der ineinander-verschiebbaren Rohre liefert das kleinste und das größte Bild, das mit dem Teleobjektiv erhalten werden kann. Selbstverständlich können auch bei anderen Rohrstellungen Bildmessungen gemacht werden, die dann als überschüssige Messungen zur Bestimmung der wahrscheinlichsten Werte von D und G dienen.

Einbild-Distanzmessung: Die Distanzmessung wird bedeutend einfacher, wenn die Gegenstandsgröße G genau oder näherungsweise bekannt ist, etwa durch die Größe eines Mannes, Reiters, Fensters, Stockwerkes, etc. Dann wird die Bildgröße B so zu wählen sein, daß der Quotient $n = \frac{G}{B}$ eine ganze und nach Möglichkeit große Zahl wird.

Für verschiedene n werden die Distanzen berechnet und auf dem Objektivrohr in Form einer Skala angebracht. Am Okularrohr ist ein Index, der an der Distanzskala gleitet und bei justiertem Instrument unmittelbar die Distanz anzeigt.

Vorgang bei der Einbild-Distanzmessung: Bei angenommenem oder berechnetem n wird die Bildgröße $B = \frac{G}{n}$ bestimmt und am Schraubenmikrometer scharf eingestellt. Hierauf wird das Fernrohr nach dem Objektiv gerichtet und das Okular über dem Objektivrohr so lange verschoben, bis das Bild scharf in die eingestellten Mikrometerfäden paßt. Dann wird am Index die Distanz abgelesen. *Anmerkung:* Ein genäherter Wert von G kann auch auf Grund einer Doppelbild-Distanzmessung nach Formel (II) berechnet und dann zur Einbild-Distanzmessung verwendet werden.

III. DER KAMERA-DISTANZMESSER

Wenn die zu messenden Bilder sehr groß sind, würden die Fernrohr-Distanzmesser groß und schwer werden; in einem solchen Fall empfiehlt es sich, Distanzmesser in Form einer Kamera zu bauen, die in einer Station, z. B. auf einem Schiff fest montiert sind.

Das Kameraobjektiv ist ein Telesystem, der Kameraauszug ist lang und die Bilder werden auf einer Mattscheibe beobachtet. So wie beim Fernrohr-Distanzmesser muß auch hier eine analoge Steuerung stets ein scharfes Bild auf der Mattscheibenebene hervorbringen, wo es mit einem Schraubenmikrometer ausgemessen wird. Auch hier kann sowohl die Doppelbild- als auch die Einbild-Distanzmessung durchgeführt werden.

H. Literatur

(Am Schluß jedes Zitates sind die zugehörigen Textseiten in Klammern angegeben).

I. VERÖFFENTLICHUNGEN VON THEODOR SCHEIMPFLUG

- [1] *Die maritime und militärische Bedeutung der Photogrammetrie*, Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens, 1898.
- [2] *Die Verwendung des Skioptikons zur Herstellung von Karten und Plänen aus Photographien*, Photographische Korrespondenz, 35 (1898), S. 114–121, S. 235–237 (siehe S. 15, 32, 44, 47, 48, 63, 77).
- [3] Gemeinsam mit M. Holler: *Temperaturmessungen im Quecksilberbergwerk von Idria* (mit 1 Karte), Sitzgsber. Akademie d. Wiss. math.-nat. IIa, 108 (1899), S. 950–975 (siehe S. 11).
- [4] *Über österreichische Versuche, Drachenphotogramme kartographisch zu verwerten und deren bisherige Resultate*, Photographische Korrespondenz, 40 (1903), S. 659–670 (siehe S. 12, 64).
- [5] *Bedeutung des Sonnwendsteins als Wetterwarte für den praktischen Wetterdienst*, Meteorologische Zeitschr. (1903).
- [6] *Über Drachenverwendung zur See*, Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens (1904), 48 S. (siehe S. 12).
- [7] *Der Photoperspektograph und seine Anwendung*, Photographische Korrespondenz, 43 (1906), S. 516–531 (siehe S. 53).
- [8] *Photogrammètrie du ballon*, Cinqüième Conférence de la Commission Internationale pour L'aérostation Scientifique à Milan 1906, Procès-verbaux des Séances et Mémoires, Strasbourg 1907, S. 76–95 (siehe S. 12).
- [9] *Die Herstellung von Karten und Plänen auf photographischem Wege*, Sitzgsber. d. Akademie d. Wiss. in Wien, math.-nat. IIa, 116 (1907), S. 235–262 (siehe S. 12, 59, 65, 69, 79).
- [10] *Hauptmann Scheimpflugs Ballonfahrten zum Zwecke photogrammetrischer Terrainaufnahmen*, Intern. Archiv für Photogrammetrie, 1 (1909), S. 72–74 (siehe S. 70).
- [11] *Qui s'excuse, s'accuse! Zur Verziehung von Zeichnungen auf photographischem Wege*, In Sachsen A. Nadherny, Photographische Korrespondenz, 45 (1908), S. 360, 361, S. 432–435, S. 528–530, 46 (1909), S. 42, S. 119–121 (siehe S. 71).
- [12] *Über Orientierung von Ballonaufnahmen*, Internat. Archiv für Photogrammetrie, 2 (1911), S. 34–54 (siehe S. 69).
- [13] *Die technischen und wirtschaftlichen Chancen einer ausgedehnten Kolonialvermessung*, aus: Denkschrift der I. Internat. Luftschiffahrtsausstellung „IIa“ zu Frankfurt am Main 1909, I. Band, Julius Springer, Berlin, 1909, S. 177–202 (siehe S. 14, 66).
- [14] *Erhaltung der Stabilität, wichtigste Formen und Verwendungsarten der Drachen*, aus: H. Hoernes, Buch des Fluges, 1911, S. 577–597; *Über die Verwendung von Drachen zu praktischen Zwecken*, ebenda, S. 598–603 (siehe S. 12).
- [15] *Die Flugtechnik im Dienste des Vermessungswesens*, aus: H. Hoernes, Buch des Fluges, 1911, S. 604–627 (siehe S. 34, 64, 68).
- [16] *Ballon- und Drachenphotographie*, aus dem großen Meyerschen Konversations-Lexikon, 6. Aufl. XXIII, Supplementband, Leipzig 1911.

II. PATENTSCHRIFTEN VON THEODOR SCHEIMPFLUG

Österreich:

- [17] Pat. Nr. 7000, *Camera mit Neigungsmesser*, angem. 22. Juli 1901.
- [18] Pat. Nr. 20.299, *Verfahren und Apparat zur methodischen Verzerrung ebener Bilder auf photographischem Wege mit beliebigen Objektiven*, angem. 12. März 1902 (siehe S. 50, 60).
- [19] Pat. Nr. 20.937, *Zusatz-Patent zu 20.299*, angem. 3. Mai 1902 (siehe S. 49).
- [20] Pat. Nr. 22.923, *Einrichtung zur methodischen Verzerrung ebener Bilder auf optischem Wege mit beliebigem Linsensystemen*, 2. Zusatz-Patent zu 20.299, angem. 11. November 1902 (siehe S. 49, 60).

- [21] Pat. Nr. 22.924, *Einrichtung zur methodischen Verzerrung ebener Bilder auf optischem Wege mit beliebigen Linsensystemen*, 3. Zusatz-Patent zu 20.299, angem. 16. Jänner 1903 (siehe S. 49, 60).
- [22] Pat. Nr. 31.973, *Verfahren zur Herstellung von richtigen Schichtenkarten, sowie Plänen und militärischen Situationen auf Grund von Drachen- oder Ballonphotogrammen, sowie photographischen Küstenaufnahmen von Bord eines Schiffes aus*, angem. 23. Oktober 1903 (siehe S. 71).
- [23] Pat. Nr. 20.467, *Einrichtungen zur Betätigung von durch Drachen- oder Fesselballons hochgenommenen Mechanismen vom Erdboden aus*, angem. 12. November 1903.
- [24] Pat. Nr. 48.356, *Verfahren zur Herstellung von richtigen Schichtenkarten und Plänen auf Grund von Ballonaufnahmen und dergleichen*, angem. 2. November 1909 (siehe S. 59).

Deutschland:

- [25] *Eduard Doležal und Theodor Scheimpflug*, DRP Nr. 99.841, *Entfernungsmesser mit Teleobjektiv*, angem. 24. November 1896 (siehe S. 5).
- [26] DRP Nr. 137.519, *Einrichtung an photographischen Cameras zum Festlegen des Horizontes im Moment der Aufnahme*, angem. 6. Mai 1902, Priorität 22. Juli 1901.
- [27] DRP Nr. 164.527, *Verfahren zur Herstellung projektiver Abbildung auf optischem oder photographischem Wege bei voller Bildschärfe*, angem. 15. April 1903 (siehe S. 48, 49, 50, 52).
- [28] DRP Nr. 222.386, *Verfahren zur Herstellung richtiger Pläne und Schichtenkarten aus Photographien*, angem. 30. Jänner 1908, Priorität vom 23. Oktober 1903.
- [29] DRP Nr. 228.590, *Abänderung des Verfahrens zur Herstellung richtiger Pläne und Schichtenkarten aus Photographien*, Zusatz zum Patent Nr. 222.386, angem. 14. August 1909 (siehe S. 59, 76).

Frankreich:

- [30] Pat. Nr. 339.655, *Procédé et appareil permettant de transformer, à l'aide de lentilles ou de miroirs sphériques, et de façon méthodique, les images planes*, angem. 16. Jänner 1904.
- [31] Pat. Nr. 372.455, *Procédé pour l'obtention de cartes topographiques exactes, telles que les plans et les levés militaires, au moyen de photogrammes pris à bord de ballons ou au moyen de cerfs-volants, et telles que les levés photographiques de côtes pris à bord de navires*, angem. 20. Februar 1907.

England:

- [32] Pat. Nr. 1196, *Improved Method and Apparatus for the Systematic Alternation or Distorsion of Plane Pictures and Images by Means of Lenses and Mirrors for Photography and other purposes*, angem. 16. Jänner 1904 (siehe S. 49, 55).
- [33] Pat. Nr. 16.812, *Improvements in and relating to Photographic Surveying*, angem. 26. Juli 1906.

USA:

- [34] Pat. Nr. 751.347, *Method of Distorting Plane Images by Means of Lenses or Mirrors*, angem. 31. März 1903 (siehe S. 49).
- [35] Pat. Nr. 752.596, *Apparatus for the Systematic Alternation of Plane Pictures by Means of Spherical Lenses or Mirrors*, angem. 31. März 1903 (siehe S. 45, 49).

Canada:

- [36] Pat. Nr. 144.826, *Production of contour maps (Production de cartes de contours)*, angem. 27. April 1911.

Belgien:

- [37] Pat. Nr. 194.894, *Procédé pour l'obtention de cartes topographiques exactes, telles que les plans et les levés militaires, au moyen de photogrammes pris à bord de ballons ou au moyen de cerfs-volants, et telles que les levés photographiques de côtes pris à bord de navires ou d'un point élevé sur la terre ferme*, angem. 29. September 1906.

Ungarn:

- [38] Pat. Nr. 51.632, *Eljárás helyes rétegtervek valamint tervek és katonai helyszínrajzok előállítására sárkány- vagy léghajó-fotogrammmok, valamint hajó-földéletről készített fényképeszeti partfölbételek alapján*, angem. 29. Jänner 1908, Priorität vom 23. Okt. 1903 (siehe S. 72, 73).

Ferner:

- [39] Argentinien, Pat. Nr. 8824 (1911).
 [40] Australien, Pat. Nr. 7710 (1907).
 [41] Brasilien, Pat. Nr. 6800 (1911).
 [42] Kongo, Pat. Nr. 167 (1906).
 [43] Kapland, Pat. Nr. 4324 (1909).
 [44] Mexiko, Pat. Nr. 10.914 (1910).
 [45] Rußland, Pat. Nr. 23.879 (1906).

III. WEITERE HERANGEZOGENE LITERATUR

- [46] G. Albrecht, *Deutsches Schrifttum über Bildmessung und Luftbildwesen*, Berlin-Grunewald, 1938 (siehe S. 61).
 [47] Ch. d'Almeida, *Nouvel Appareil stéréoscopique*, Bulletin de la Soc. Fr. de Photographie, Paris 1858, S. 260 ff (siehe S. 33).
 [48] C. Aschenbrenner, *Über Nadirpunkttriangulation*, Mitteilungen aus dem Arbeitsgebiet des Konsortiums Luftbild GmbH., Stereographik GmbH., 1926, Nr. 5 (siehe S. 76).
 [49] C. Aschenbrenner, *Neue Geräte und Methoden für die photogrammetrische Erschließung unerforschter Gebiete*, Bildmessung und Luftbildwesen 4 (1929), S. 4 ff (siehe S. 78).
 [50] J. V. Berger, *Hauptmann Theodor Scheimpflugs (†) Kernflächenverfahren*, Intern. Archiv f. Photogrammetrie, 4 (1913/14), S. 50–58 (siehe S. 68, 69, 79).
 [51] A. Buchholtz, *Photogrammetrie, Verfahren und Geräte*, Berlin 1954, 328 Seiten (siehe S. 31).
 [52] J. C. Capper, *Travelling in the Air*, Royal Engineers Journal 1910, (siehe S. 75).
 [53] J. Carpentier, *Reproduktionskamera mit zwangsläufiger Verbindung der um parallele, die optische Achse senkrecht schneidende Achsen drehbaren Bild- und Objektive*, DRP 145.274 ab 5. Februar 1901 (siehe S. 51, 61).
 [54] L. P. Clerc, *Application de la photographie aérienne*, Paris 1920 (siehe S. 61).
 [55] S. Czapski, *Theorie der optischen Instrumente nach Abbe*, Breslau 1893, Abschnitt II: *Geometrische Theorie der optischen Abbildung*, S. 27 (siehe S. 46, 47).
 [56] R. Daniel, *La photogrammétrie appliquée à la Topographie*, Paris 1952, 438 S. (siehe S. 31).
 [57] E. Deville, *Photographic Surveying including the Elements of Descriptive Geometry and Perspective*, Ottawa, 1895 (siehe S. 48).
 [58] E. Doležal, *Theodor Scheimpflug, sein Leben und seine Arbeiten*, Int. Archiv für Photogrammetrie, II (1909–1911), S. 242–249 (siehe S. 5, 81).
 [58a] E. Doležal, *Enthüllung der Gedenktafel für weil. Hauptmann Theodor Scheimpflug*, Int. Archiv für Photogrammetrie, IV (1913/14), S. 7–13.
 [59] E. Doležal, *Ingenieur Gustav Kammerer*, Int. Archiv für Photogrammetrie, 5 (1915), S. 1–7 (siehe S. 76).
 [60] R. Ferber, *Sur un procédé purement photographique de restitution des photographies aériennes*, C. R. Acad. Sc., Paris, 196 (1933), S. 389–391 (siehe S. 78).
 [61] R. Ferber, *Obtention photographique de la projection orthogonale d'un objet*, Bulletin photogramm. 3 (1933), S. 45–53 (siehe S. 78).
 [62] *Ferienkurs in Photogrammetrie, eine Sammlung von Vorträgen und Aufsätzen*, herausgegeben von O. v. Gruber, Stuttgart 1930 (siehe S. 34, 35, 38, 39, 48, 76).
 [63] R. Finsterwalder, *Photogrammetrie*, 2. Aufl., Berlin 1952 (siehe S. 31).
 [64] S. Finsterwalder, *Bemerkungen und Ergänzungen zu der vorstehenden Abhandlung* (siehe [94]), Sitz.-Ber. der Bayr. Akademie der Wissenschaften math.-phys. Kl., München (1921), S. 9–16 (siehe S. 76).
 [65] Th. Fourcade, siehe Pujó (siehe S. 32).

- [66] M. Gasser, *Vorrichtung zum elektromechanischen Auftragen von Komparator-messungen*, DRP 306.383, ab 27. Jänner 1915 (siehe S. 33).
 [67] M. Gasser, *Verfahren mittels dreier gegebener Punkte durch mechanische Ausmeßvorrichtungen, mechanische Berechnungsapparate und durch geodätisch orientierte Doppelprojektionseinrichtungen lufttopographische Karten für photogeodätische Landesvermessungen herzustellen*, DRP 306.384, ab 20. April 1915 (siehe S. 33).
 [68] M. Gasser, *Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Landkarten aus übergreifenden schiefen Aufnahmen*, DRP 306.385, ab 26. September 1915 (Zusatz zum DRP 306.384) (siehe S. 33).
 [69] Goethes Sprüche in Prosa, (*Maximen und Reflexionen*), München S. 125, Nr. 954 (siehe S. 45).
 [70] O. v. Gruber, *Einfache und Doppelpunktseinschaltung im Raum*, Jena 1924 (siehe S. 28, 34).
 [71] O. v. Gruber, *Inversoren*, Zeitschrift f. Instrumentenkunde, 45 (1925), S. 561–573 (siehe S. 55).
 [72] L. W. Günther, *Die erste praktische Anwendung des Meßbildverfahrens durch den Schweizer M. A. Cappeler im Jahre 1725, Ein Beitrag zur Geschichte der Photogrammetrie*, Intern. Archiv f. Photogrammetrie 3 (1911–1913), S. 289 f (siehe S. 32).
 [73] H. Hart, *On certain conversions of motion*, Messenger of Mathematics 4 (1875), S. 82–88, 97–100 (siehe S. 55).
 [74] G. Hauck, *Über mechanische Perspektive und Photogrammetrie*, Verh. d. Phys. Ges. in Berlin, 2 (1883), S. 43–46 (siehe S. 50).
 [75] Verlassenschaft nach G. Kammerer, *Tastereinrichtung zur Festlegung von Punkten im Raum aus perspektiven Bildern derselben*, ÖP Nr. 74.283, Priorität vom 24. Mai 1913 (siehe S. 42).
 [76] G. Kammerer, *Einrichtung zur Feststellung von Oberflächenpunkten einer körperlichen Nachbildung aus perspektivischen Bildern des nachzubildenden Objektes*, DRP 311.941, Priorität vom 24. Mai 1913 (siehe S. 42, 43).
 [77] G. Kammerer, *Theodor Scheimpflugs Landesvermessung aus der Luft*, Intern. Archiv f. Photogrammetrie, 3 (1911–1913), S. 196–226 (siehe S. 12, 63).
 [78] H. Kelsh, *Report of Tests of the Slotted templet System of Radial Triangulation*, Photogrammetric Engineering (1939), Heft 4 (siehe S. 76).
 [79] C. Köppe, *Die Photogrammetrie oder Bildmeßkunst*, Weimar 1889, X + 84 S. (siehe S. 25).
 [80] J. Krames, *Über die bei der Hauptaufgabe der Luftphotogrammetrie auftretenden „gefährlichen Flächen“*, Bildmessung und Luftbildwesen 17 (1942), S. 1–18, sowie J. Krames, *Über die gefährlichen Raumbereiche der Luftphotogrammetrie*, Photographische Korrespondenz 84 (1948), S. 1–16 (siehe S. 23).
 [81] J. Krames, *Darstellende und kinematische Geometrie für Maschinenbauer*, 2. Aufl., Wien 1952, S. 175 f (siehe S. 56).
 [82] O. Lacmann, *Entzerrungsgerät für nichtebenes Gelände*, Bildmessung und Luftbildwesen 6 (1931), S. 10–12 (siehe S. 78).
 [83] K. Lego, *Eduard Doležal, Leben und Werk eines österreichischen Geodäten*, Sonderveröffentlichung 14 der Österr. Zeitschrift f. Verm. (Doležal-Festschrift), Wien 1952, S. XXXI f.
 [83a] K. Lego, *Zur 25. Wiederkehr des Todestages Theodor Scheimpflugs*, Bildmessung und Luftbildwesen 11 (1936), S. 231–234.
 [84] G. Loria, *Ebene Kurven*, 2. Aufl. Leipzig 1910, S. 335 (siehe S. 51).
 [85] A. F. Möbius, *Entwicklung der Lehre von dioptrischen Bildern mit Hilfe der Collineationsverwandtschaft*, Berichte über die Verhandlungen der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, math.-phys. Cl. 7 (1855), S. 8–32 (siehe S. 47).
 [86] A. Peaucellier, *Note sur une question de géométrie de compas*, Nouv. Ann. 2^e. Sér., 12 (1873), S. 71–78 (siehe S. 55, 61).
 [87] K. Peucker, *Höhenschichtenkarten*, Studien und Kritiken zur Lösung des Flurkartenproblems, Stuttgart 1910 (siehe S. 74).
 [87a] K. Peucker, *Theodor Scheimpflug*, Deutsche Rundschau für Geographie 35 (1913), Heft 9 (siehe S. 6).

- [88] Th. Pujo, Th. Fourcade, *Photographische Goniometrie* (Übersetzung aus „Les Mondes“ vom 24. Jänner 1865, Photographische Korrespondenz 2 (1865), S. 150–161, 205–210, 238–242 (siehe S. 32).
- [89] C. Pulfrich, *Über die Nutzbarmachung des Stereokomparators für den monokularen Gebrauch*, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, 24 (1904), S. 161 ff (siehe S. 32).
- [90] R. E. Rehn, *Fehleruntersuchungen zur Nadirpunktriangulation*, Bildmessung und Luftbildwesen 4 (1929), Heft Nr. 2 (siehe S. 76).
- [91] H. Ritter, *Perspektographischer Apparat zur mechanischen Herstellung der Perspektive aus geometrischen Figuren sowie umgekehrt der Originalfiguren aus perspektiven Bildern*, Frankfurt a. M. 1884 (siehe S. 50).
- [92] R. Roelofs, Französisches Patent Nr. 1.101.356, angemeldet am 25. Mai 1954; Holländisches Patent Nr. 80.658, erteilt ab 17. Jänner 1956 (siehe S. 77).
- [93] M. v. Rohr, *Geschichte und Theorie des photographischen Teleobjektives*, Band V der Deutschen photographischen Bibliothek, Weimar 1897 (siehe S. 81).
- [94] E. Rudel, *Darstellung eines nahezu ebenen Geländes nach Fliegeraufnahmen bei spärlich vorhandenen Festpunkten*, Sitz.-Ber. der Bayr. Akademie d. Wiss., math.-phys. Kl., München (1921), S. 1–9 (siehe S. 76).
- [95] Dr. Karl Scheimpflug, *Eljárás és kézülék vendzeres távlati (torzitott) átvitelre optikai vagy fényképészeti uton*, Ungar. Patent Nr. 77.167, Priorität vom 23. Februar 1916.
- [96] W. Schermerhorn, *La photogrammétrie aérienne dans les Pays-Bas de 1930–1934*, Int. Archiv für Photogrammetrie VIII 1 (1934), S. 122–146 (siehe S. 61).
- [97] F. Schiffner, *Die photographische Meßkunst*, Halle a. d. Saale, 1892, insbes. S. 98, Fußnoten (siehe S. 7).
- [98] H. H. Schmid, *An analytical Treatment of the Problem of Triangulation by Stereophotogrammetrie*, Ballistic Research Laboratories, Aberdeen Proving Ground, Maryland, 1955, S. 1–59 (siehe S. 79).
- [99] F. Schröder, *Die rechnerische Orientierung von Luftbildaufnahmen auf Grund von Messungen am Stereokomparator und ihr Verhältnis zu den optisch-mechanischen Verfahren*, Dissertation, T. H. Hannover 1949, S. 1–89 (siehe S. 79).
- [100] K. Schwidofsky, *Das Entzerrungsgerät, Theorie und Entwicklung der Umbildungsgeräte, insbesondere der Entzerrungsgeräte*, Berlin-Liebenwerda 1935 (siehe S. 24, 61, 63, 78).
- [101] K. Schwidofsky, *Grundriß der Photogrammetrie*, 5. Aufl., Stuttgart 1954, S. I–VIII, 1–282 (siehe S. 27, 31, 36, 50, 59, 76, 78).
- [102] F. W. Simonis, *Stufenlos verstellbare Getriebe*, Werkstattbücher, Heft 96, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1949, S. 18 f und S. 22 f (siehe S. 37).
- [103] F. Steiner, *Die Photographie im Dienste des Ingenieurs*. Ein Lehrbuch der Photogrammetrie, Wien 1891–1893 (siehe S. 46, 48, 65, 81).
- [104] F. Stölze, *Die photographische Ortsbestimmung usw.*, Photographische Bibliothek, Berlin, 1 (1893) (siehe S. 33).
- [105] M. Zeller, *Lehrbuch der Photogrammetrie*, S. 1–308, Zürich 1947 (siehe S. 31).