

Ergebnisse aerophotogrammetrischer Probeaufnahmen mit Wild-Instrumenten

Autor(en): **Schneider, K.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und
Kulturtechnik = Revue technique suisse des mensurations et
améliorations foncières**

Band (Jahr): **26 (1928)**

Heft 9

PDF erstellt am: **16.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-190806>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ergebnisse aerophotogrammetrischer Probeaufnahmen mit Wild-Instrumenten.

Von Dipl.-Ingr. *K. Schneider*,
Chef-Ingenieur der Eidg. Landestopographie, Bern.

Am Vortragskurs der deutschsprechenden Sektionen des Schweiz. Geometervereins am 7. und 8. Mai 1926 an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich sind die Vermessungsfachleute in der Schweiz orientiert worden über den damaligen Stand der Aerophotogrammetrie und die Ergebnisse von Versuchsaufnahmen und Probeauswertungen, welche die Abteilung für Landestopographie mit den von den deutschen Konstruktionsfirmen Zeiß in Jena und Heyde in Dresden in bereitwilliger Weise zur Verfügung gestellten Instrumenten ausführen ließ.

Das Ergebnis dieser methodischen und praktischen Untersuchungen führte, wie man sich erinnern wird, zur Feststellung und Erkenntnis, daß die stereophotogrammetrische Aufnahmemethode aus der Luft ebenso leistungsfähig ist, wie die terrestrischen Verfahren für Aufnahme topographischer Pläne im Maßstab 1 : 10 000, gewertet nach Maßgabe der Genauigkeitsvorschriften, wie sie Geltung haben für die in diesem Maßstab erstellten Original-Uebersichtspläne der schweiz. Grundbuchvermessung.

Wie erinnerlich, ergaben sich an Hand der verschiedenen ausgewerteten Plattenpaare als mittlere Lagefehler eines im Maßstab 1 : 10 000 ausgewerteten Geländepunktes Werte von $M_L = \pm 1,6$ bis 4,9 Meter, während die mittleren Höhenfehler eines in den bezüglichen Auswertungsgeräten eingestellten und der Höhe nach abgelesenen Geländepunktes Beträge erreichten zwischen $M_p = \pm 0,99$ bis 1,26 Meter.

Diese bemerkenswerten Genauigkeitsergebnisse veranlaßten die Eidg. Landestopographie, mit unserer inländischen Konstruktionsfirma Heinrich Wild in Heerbrugg in Verbindung zu treten und Auftrag zu erteilen, die von Oberingenieur Wild konstruierte Fliegerkamera für Versuchszwecke zu liefern. Im Spätherbst 1927 wurden von Thun aus, von der im Dienste der Landestopographie tätigen Flugzeugequipe mit dem ersten Modell der Fliegermeßkamera Wild erstmalige Aufnahmen vom Flugzeug aus erstellt. Die vorgerückte Jahreszeit (anfangs November) und einige notwendige Abänderungen und Ergänzungen praktischer Art am verwendeten Modell der Fliegerkamera veranlaßte die Landestopographie, die Versuchsaufnahmen zu unterbrechen und zu verschieben auf Frühjahr 1928.

Während des Winters 1927/28 wurden die erstmals erstellten Fliegeraufnahmen in optisch-photographischer Richtung einer eingehenden Prüfung und Untersuchung unterzogen. Das Ergebnis dieser Arbeiten, sowie die bei Anlaß der im Flugzeug gemachten Feststellungen und Erfahrungen waren derart günstig, daß die Landestopographie eine zweite Kamera bestellte und Oberingenieur Wild beauftragte, eine der Kamera und deren Handhabung angepaßte Aufhängevorrich-

tung für die Bedürfnisse der Landestopographie zu konstruieren und zu liefern.

Im Frühjahr dieses Jahres wurden die systematischen Versuchsaufnahmen wieder aufgenommen. Die bisher von der Flugplatzdirektion in Dübendorf zur Verfügung gestellten und mit gutem Erfolg bei Fliegeraufnahmen für Vermessungszwecke verwendeten Beobachterflugzeuge vom Typ Zepp C. II mußten mit Rücksicht auf ihr Flugalter und aus Gründen der Sicherheit von der Fliegertruppe auf Ende 1927 abgeschrieben werden. Da gleichwertige, für Vermessungsflüge geeignete Flugzeuge bei der schweiz. Fliegertruppe momentan nicht vorhanden sind, muß sich die Landestopographie unter einschränkenden Bedingungen hinsichtlich Flughöhe und Aufnahmemöglichkeiten mit Schulmaschinen vom Typ DH 5 behelfen. Zudem weist die photographische Qualität der aus DH 5-Flugzeugen seit Frühjahr 1928 erstellten Aufnahmen gegenüber denjenigen der mit gleicher Fliegerkamera und Plattensorte erstmals im Herbst 1927 aus Zepp-Flugzeugen aufgenommenen Fliegerbildern eine merkbare Verschlechterung auf, die im wesentlichen den für Meßzwecke ungünstigen Bau- und Flugeigenschaften dieses Schulflugzeuges zugeschrieben werden müssen.

Die im Herbst 1927 erstellten Aufnahmen mit Flugzeugkamera Wild verfolgten einen doppelten Zweck. Einmal wurde die Handhabung der Kamera im Flugzeug durch den Beobachter mit freihändiger Bedienung oder montiert in provisorischer Aufhängevorrichtung ausprobiert. Ferner wurden durch zweckmäßig angelegte Flugpläne Aufnahmen angestrebt und erzielt, welche die Prüfung der optischen Leistungsfähigkeit des von Oberingenieur Wild berechneten und konstruierten Kamera-Objektivs „C“ und die Arbeitsweise des verwendeten Momentverschlusses ermöglichten. Ebenso fand die Prüfung der wirtschaftlichen Fragen statt hinsichtlich kleinen Plattenformates 10/15 cm gegenüber bisher üblichen Abmessungen 13/18 cm und bezüglich geringerer Brennweite des Wildschen Objektivs „C“, $f = 165$ mm gegenüber den heute bei Flugzeug-Meßkammern ausländischer Herkunft verwendeten Kamerabrennweiten von $f = 18$, resp. 21 cm.

Die im Frühjahr dieses Jahres wieder aufgenommenen Versuchsaufnahmen sahen verschiedene, systematisch angelegte Flugserien vor, wobei diejenigen Aufnahmedispositionen zur Ausführung gelangten, welche mit Rücksicht auf Bauart und Handhabung der Wildschen Apparate in aufnahme- und auswertungstechnischer Richtung die methodisch und wirtschaftlich vorteilhaftesten Ergebnisse sicherten. Gleichzeitig wurde von der in der Nähe der Flugbasis Thun liegenden Gemeinde Noflen (Kt. Bern), für welche eine nach der eidg. Anleitung für Erstellung des Uebersichtsplanes bei Grundbuchvermessungen ausgeführte Meßtischaufnahme zur Verfügung steht, eine vergleichende Fliegeraufnahme mit Auswertung im Autographen Wild in Aussicht genommen, welche Arbeiten im August 1928 zur Ausführung gelangten.

Die aktuelle Bedeutung, welche die aerophotogrammetrischen Vermessungsmethoden seit ihrer vor kurzem erfolgten Einführung und

Anwendung bei der Schweiz. Grundbuchvermessung gewonnen hat, gibt Veranlassung, in zusammengefaßter Form über das Wesentliche hinsichtlich Durchführung und Ergebnisse der mit Wild-Apparaten von der Landestopographie unternommenen Probearbeiten aerophotogrammetrischer Art im folgenden die Vermessungsfachleute zu orientieren.

Die Instrumente.

Die *Flugzeug-Meßkamera* Wild zeichnet sich aus durch geringes Gewicht, äußerst stabile Bauart und einfachste Handhabung, sowohl freihändig bei Aufnahmen über Bord, als auch eingebaut in spezielle Aufhängevorrichtung, montiert am Boden des Flugzeuges. Die Kamera ist optisch ausgerüstet mit Wild-Objektiv „C“, das eine Brennweite von ca. 165 mm besitzt und dessen große Lichtstärke und geringe Verzeichnung bei aerophotogrammetrischen Aufnahmen für Meßzwecke besonders bevorzugte Eigenschaften bedeuten. Dem Objektiv ist eine Gelbscheibe vorgesetzt. Der mehrlamellige Zentralverschluß ermöglicht Belichtungszeiten von 1/150 Sekunde.

Die Wechselkassette ist eingerichtet zur Aufnahme von 10 Spiegelglasplatten Format 10/15 cm und ist äußerst einfach bedienbar. In Verbindung mit der Kamera ist sie mit allen erforderlichen Sicherungseinrichtungen versehen, um Leer- und Mehrfachbelichtungen und Lichtzutritt zu verhindern. Der Vorgang bei der Aufnahme nimmt dank der einfachen und an Zahl geringen Manipulationen äußerst wenig Zeit in Anspruch, was kurze aerophotogrammetrische Basen gestattet und relativ große Fluggeschwindigkeiten zuläßt. Stoppzeiten von 7 Sekunden, d. h. Zeitintervall von einer Aufnahme zur nächstfolgenden, sind von geübten Beobachtern eingehalten worden.

Der Beobachter-Photograph hält bei freihändiger Aufnahme mit der linken Hand bequem die Kamera an einem Griff mit Sicherung durch eine Lederschleife, während die rechte Hand vollständig frei ist für die Bedienung der Kamera und Wechselkassette. Die Ausführung einer Fliegeraufnahme setzt sich zur Hauptsache aus 4 einfachen Operationen zusammen, auf die im folgenden kurz hingewiesen werden soll.

1. Andrücken der Wechselkassette.

Dadurch wird die zur Exposition gelangende Platte mit Schichtseite an den Anlegerahmen der Kamera, der die Meßmarken trägt und in der Bildebene des Objektivs montiert ist, satt angedrückt. Diese Bedingung ist bei Fliegeraufnahmen für Meßzwecke unerläßlich und muß bei jeder Aufnahme genau eingehalten werden. Gleichzeitig mit dem Andrücken der Wechselkassette erfolgt die automatische Einstellung der Plattennummerierung.

2. Anziehen des Expositionshebels.

Diese mit dem Zeigefinger der rechten Hand auszuführende Bewegung spannt den Mechanismus des Objektivverschlusses und denjenigen der Rückwärtsbewegung der Kassette nach erfolgter Exposition jeder Platte.

3. *Loslassen des Expositionshebels.*

Der freigegebene Hebel bewegt sich in zwei Phasen zurück. In der ersten Phase der Bewegung wird der Verschuß betätigt, wodurch die Exposition stattfindet; während der zweiten Phase wird die Rückwärtsbewegung der Wechselkassette ausgelöst, die Wechselkassette geht in ihre ursprüngliche Lage zurück und ist bereit zum Plattenwechsel.

4. *Plattenwechsel.*

Durch einen automatischen Wechselmechanismus wird innert kürzester Zeit und äußerst bequem mit der rechten Hand die Platte gewechselt. Die zehnte, d. h. letzte Platte, ist mit einer Sicherung versehen, die verhindert, daß nochmals gewechselt wird, womit die wiederholte Belichtung schon exponierter Platten ausgeschlossen ist.

Nach erfolgtem Plattenwechsel wiederholen sich die vier Operationen für jede folgende Aufnahme, bis alle zehn Platten einer Kassette aufgenommen sind. Die so exponierte Kassette wird durch einfachen Handgriff entfernt und an deren Stelle eine weitere Kassette eingesetzt.

Der Autograph Wild, in seiner endgültigen Ausführungsform, ist eingerichtet sowohl für Auswertung terrestrischer, als auch aerophotogrammetrischer Aufnahmen. Die Konstruktion und Wirkungsweise des Wildschen Autographen hat Dipl.-Ingenieur Hs. Härry in seinem Referat „Stereophotogrammetrische Aufnahme- und Auswerte-Instrumente und angewandte Aufnahme- und Auswertungsmethoden“ anlässlich des Vortragskurses an der E. T. H. in Zürich 1926 eingehend behandelt.

Die gegenseitige Orientierung aerophotogrammetrischer Plattenpaare und die anschließende Einpassung des höhenparallaxfrei erstellten Raummodells in die gegebenen Fixpunkte der grundlegenden Vermessung gelingen beim Wildautographen sowohl für Schrägaufnahmen, als auch für Senkrecht-Steilaufnahmen mit parallelen und konvergenten Aufnahmeachsen der Plattenpaare jedem mit der Wirkungsweise des Autographen vertrauten Fachmann in kurzer Zeit und mit der erforderlichen Genauigkeit. Hierbei bietet die anerkannt vorzügliche Optik der Wildschen Instrumente und die äußerst gedrängte Anordnung aller Einstellvorrichtungen am Autographen in Verbindung mit der nachträglichen Ergänzung hinsichtlich Drehbarkeit des kippbaren Doppelrohrträgers, gegenüber andern Autographenkonstruktionen, unabstreitbare technische und wirtschaftliche Vorteile.

Die vom Konstrukteur bewußt verfolgte Einschränkung des Auswertungsbereiches des Autographen auf diejenigen Aufnahmefälle, welche theoretisch und praktisch die größtmögliche, einheitliche Auswertungsgenauigkeit stereophotogrammetrischer Luftaufnahmen ergeben, hat sich nach bisherigen Erfahrungen als zweckmäßige und wirtschaftlich günstige Maßnahme erwiesen. Die praktisch auftretenden Bedürfnisse und Anforderungen, denen aerophotogrammetrische Arbeiten zu entsprechen haben, können mit den Wild-Instrumenten technisch einwandfrei und wirtschaftlich vorteilhaft ausgeführt werden.

Der Autograph Wild wird ausgerüstet mit 3 auswechselbaren Kamera-paaren A, B und C. In den Kammern A und B sind die für Auswertung terrestrischer Aufnahmen bestimmten Wildobjektive „A“ und „B“ von 165 resp. 245 mm Brennweite eingebaut, während das Kamerapaar C Wild-Objektive „C“ besitzt und zur Auswertung von Luftaufnahmen verwendet wird. Das Auswechseln der Kammern ist ein einfacher, rasch auszuführender Vorgang.

Die photographischen Ergebnisse der Probeaufnahmen.

Die bildmäßige Prüfung der mit Flugzeugmeßkamera Wild erstmals im Herbst 1927 erstellten Fliegeraufnahmen verfolgten den Zweck festzustellen, ob das von Ingenieur Wild konstruierte und verwendete kurzbrennweitige Objektiv „C“ für die anzuwendenden Flughöhen und Aufnahmedistanzen genügt. Zu diesem Zwecke wurden über Bord des Flugzeuges mit freihändiger Bedienung der Kamera Senkrecht-Aufnahmen angeordnet und durchgeführt in Flughöhen von 1000—5000 Meter über Grund und Schrägaufnahmen erstellt mit verschiedenen Aufnahmedistanzen von 1—20 km und vereinzelt bis 50 km. Die Aufnahmen waren überraschend gute und zeichnen sich aus durch allgemeine Bildschärfe mit geringer Einbuße gegen den linken und rechten Plattenrand, Prägnanz der Einzelheiten in Nähe und Ferne und gleichmäßiger Helligkeit mit kaum merkbarem Lichtabfall gegen den Plattenrand. Als photographische Platten kamen zur Verwendung die von der Trockenplattenfabrik Otto Perutz in München hergestellten „Spezial Fliegerplatten“, eine hochempfindliche, orthochromatische (vorwiegend gelb-grün empfindliche) für Vermessungszwecke geeignete Spezialplatte mit kleinem, gleichmäßig verteiltem Plattenkorn. Von den Originalnegativen wurden durch photographische Vergrößerung um das 1,5-, 1,8- und 3,2-fache des Aufnahmemaßstabes, Vergleichsaufnahmen erstellt, die entsprechend den vorgenommenen Vergrößerungen Äquivalentbrennweiten ergaben von 18, 25 resp. 50 cm. Die bildmäßige Beurteilung dieser Vergrößerungen ergab bemerkenswerte Vorzüge der Wildschen Optik. Die allgemeine Schärfe des Bildes und die Konturschärfe der einzelnen Objekte blieb nicht nur erhalten, sondern mit zunehmender Vergrößerung nahmen die Bildeinzelheiten der Ferne und in den Schatten an Zahl zu und zeichneten sich deutlicher ab. Gleichzeitig traten die Eigenschaften der photographischen Platten der Firma Perutz in München hervor, indem die vorhandene Feinheit und Gleichmäßigkeit des Plattenkorns allzugroße Bildauflösung verhindern. Diese Versuche ergaben die große Lichtstärke und bemerkenswerte Korrektheit der Wildschen Objektive und die Zuverlässigkeit der mechanischen und optischen Konstruktion und Justierung der Flugzeugmeßkamera Wild.

Die vermessungstechnischen Ergebnisse der Versuchsaufnahmen.

Im Frühjahr 1928 wurden die Probeaufnahmen mit Flugzeugmeßkamera Wild wieder aufgenommen, wobei gleichzeitig die im Win-

ter 1927/28 von Ingenieur Wild konstruierte Aufhängevorrichtung zur Verwendung gelangte. Diese Konstruktion gestattet bei kleinster Raumbeanspruchung alle wünschbaren Einstellungen und Fixierung der Kameraachse in lotrechter, sowie in und quer zur Flugrichtung vom Lot abweichender Richtung, innert kürzester Zeit. Dadurch ist es möglich, während des Fluges auftretende Störungen in der normalen Fluglage des Flugzeuges zu berücksichtigen und der Kameraachse, d. h. Aufnahmerichtung diejenige Lage im Luftraume zu geben, welche für das aufzunehmende Gelände, den verfolgten Aufnahmezweck und die geforderte Genauigkeit, die günstigsten Aufnahme- und Auswertungsbedingungen ermöglicht. Systematische Versuche waren notwendig, um in bezug auf Montierung und elastische Abstützung der Aufhängevorrichtung mit Kamera am Flugzeugboden die geeignetste Lösung zu finden. Es wurde festgestellt, daß die Erschütterungen des Motors und die elastischen Durchbiegungen und Deformationen des Flugzeugrumpfes am wirksamsten unschädlich gemacht werden, wenn die Abstützung am Flugzeugboden, als auch die Befestigung der Kamera in der Aufhängevorrichtung elastisch, und zwar mittelst in Gummi angefertigter Auflager erfolgte. Die infolge der elastischen Aufhängung der Kamera allfällig auftretenden pendelartigen Schwingungen des objektivseitigen Endes der Kamera wird verhindert, indem die Objektivfassung elastisch gegenüber einem Gummiring an der Aufhängevorrichtung abgestützt ist.

Einleitende Vorversuche gaben dem Flugzeugbeobachter Gelegenheit, sich mit der Anwendung und Handhabung der eingebauten Kamera vertraut zu machen, was in kurzer Zeit in einem solchen Maße der Fall war, daß die systematischen Probe-Vermessungsflüge ausgeführt werden konnten, was an Hand vorbereiteter Flug- und Aufnahmepläne geschah. Die Flugpläne sahen vor Flächen-, Reihen- und Einzelaufnahmen in topographisch verschiedenartigem Gelände. Den Aufnahmeplänen lagen verschiedene Flughöhen und Basisverhältnisse zugrunde, wobei die einzelnen Aufnahmen so disponiert wurden, daß Plattenpaare sowohl mit lotrecht-parallelen, als auch mit verschwenkten konvergenten Aufnahmeachsen aus jedem Fluge hervorgingen. Bei der Anlage der Flug- und Aufnahmepläne wurde außerdem Rücksicht genommen auf die Möglichkeit, die erstellten Aufnahmen in geeigneter Weise und ausgiebigem Maße auf dem Wege der Entzerrung für die Nachführung und teilweise Erneuerung der bestehenden Plan- und Kartenwerke zu verwenden. In dieser Richtung bietet erfahrungsgemäß eine mit annähernd senkrechter Aufnahmeachse erstellte Fliegeraufnahme wesentliche Vorteile und Erleichterungen gegenüber einer Steilaufnahme, sobald letztere mehr wie 6° vom Lot abweicht.

Es hat sich erwiesen, daß für Stereopaare aus der Luft vorteilhafterweise sich Einzelaufnahmen eignen, deren Aufnahmeachsen abwechselnd senkrecht und geneigt zum Lot in der Lotebene durch die Flugrichtung angeordnet werden. Als Konvergenzwinkel zwischen den Aufnahmerichtungen eines Stereopaares ergeben sich bei dieser Anord-

nung unter Zugrundelegung der Basisverhältnisse 1 : 5 bis 1 : 3 für die Abmessungen der Flieger-Meßkamera Wild ($f = 165$ mm und Plattenformat 10/15 cm) Beträge von 12° — 16° , sofern 100prozentige Ueberdeckung der Einzelaufnahmen erreicht werden soll.

Die schon erwähnten flugtechnischen Einschränkungen, welchen sich die Landestopographie im Frühjahr 1928 bei Verwendung des Flugzeuges vom Typ DH 5 in bezug auf die Freizügigkeit in der Aufstellung der Aufnahme- und Flugpläne unterziehen mußte, gaben infolge ungenügender Abmessungen des Beobachtersitzes und hindernder Teile der Rumpfkonstruktion zwangsweise Veranlassung, von den erwähnten günstigsten Aufnahmedispositionen abzuweichen. Solange der Landestopographie kein geeignetes Flugzeug zur Verfügung steht, werden die aerophotogrammetrischen Fliegeraufnahmen sich auf den Aufnahmefall beschränken müssen, bei welchem die beiden Aufnahmeachsen eines Stereo-Plattenpaares unter sich höchstens einen Konvergenzwinkel von 15° einschließen. Hierbei muß die Aufnahmeachse der ersten Aufnahme unter einem Winkel von 5° zum Lot nach vorwärts und die Achse der zweiten Aufnahme unter einem Winkel von 10° zum Lot nach rückwärts im Sinne der Flugrichtung gekippt werden. Unter Ausnutzung technischer und wirtschaftlicher Vorteile einer 100 %igen Ueberdeckung der beiden zu einem Plattenpaare gehörenden, gegen einen gemeinsamen Geländepunkt konvergierenden Einzelaufnahmen, resultiert aus dieser Aufnahmedisposition ein größtmögliches Basisverhältnis von ca. 1 : 3,8, während für hochgestellte Genauigkeitsansprüche unter sonst gleichen Bedingungen ein Basisverhältnis von mindestens 1 : 3 erforderlich ist, was einem Konvergenzwinkel von ca. 19° entsprechen würde. Ausnahmsweise könnte durch entsprechende navigationstechnische Flugkünste das Flugzeug im Schrägflug so gesteuert werden, daß ein größerer Konvergenzwinkel und damit ein größeres Basisverhältnis resultiert. Eine solche Maßnahme führt aber automatisch zu andern Inkonvenienzen der Aufnahme und Auswertung und kommt ernsthaft nicht in Frage; hier kann nur die Verwendung zweckdienlich gebauter und eingerichteter Vermessungsflugzeuge wirksame Abhilfe schaffen.

Inzwischen wird die Landestopographie bei den gegebenen Verhältnissen als zweckmäßigen Vorgang bei der Erstellung aerophotogrammetrischer Aufnahmen für topographisch-kartographische Bedürfnisse vorläufig, d. h. bis geeignete Flugzeuge zur Verfügung stehen, die folgenden Flug- und Aufnahmedispositionen treffen müssen. Normaler Auftrag und Instruktion an die Flugzeugbesatzung werden lauten:

Systematisches Abfliegen des aufzunehmenden Geländes in Streifen, bei horizontalem Geradeausflug in einer Höhe von ca. 2000 m über Grund mit aufeinanderfolgenden Einzelaufnahmen je nach Abfliegen einer Flugstrecke (Basis) in der Länge von ca. $\frac{1}{3}$ der Flughöhe und zwar die Einzelaufnahmen so disponiert, daß aus dem Aufnahmezuge

konvergente Steilaufnahmepaare mit einem Konvergenzwinkel im größtmöglichen Betrage von 15° hervorgehen.

Die aerophotogrammetrische Aufnahme und Auswertung der Gemeinde Noflen (Kt. Bern).

Die Gemeinde Noflen liegt ca. $7\frac{1}{2}$ km nordwestlich des Militärflugplatzes Thun, wo das für Vermessungsflüge der Landestopographie reservierte Militärflugzeug vom Typ DH 5 gegenwärtig stationiert ist. Die Gesamtfläche der Gemeinde beträgt ca. 229 ha, wovon 31 ha Wald. Das Areal der Gemeinde erstreckt sich über einen Teil des fruchtbaren, südlich des Belpberges zwischen Aare und Gürbe liegenden Plateaus, wo vorwiegend Acker- und Obstbau getrieben wird. Der Höhe nach entwickelt sich das hügelig wellige Gelände zwischen 560 und 660 Meter über Meer; die mittlere Höhenlage beträgt somit ca. 610 m ü. M.

Durch Vermessungsvertrag vom 26. April 1923 wurde die Ausführung der Grundbuchvermessung eines Teiles des Gemeindeareals, sowie die Nachführung eines Teilgebietes vergeben. Bei dieser Gelegenheit wurde der noch nicht vorhandene Uebersichtsplan auf Grundlage der alten, nachgeführten und teilweise ergänzten Vermessung, die auf der bernischen Triangulation aus dem Jahre 1885 basiert, für die ganze Gemeinde im Maßstab 1 : 5000 nach der eidg. Anleitung vom 27. Dezember 1919 erstellt. Die durch die Landestopographie durchgeführte Verifikation des Uebersichtsplanes hat festgestellt, daß die geodätischen Grundlagen und das Vermessungswerk der Gemeinde nicht die Zuverlässigkeit und Genauigkeit neuzeitlicher Grundbuchvermessungen aufweisen. Dementsprechend ist auch die Qualität des Uebersichtsplanes zu beurteilen, die knapp den amtlichen Genauigkeitsvorschriften genügt. Trotz dieser Verhältnisse hat sich die Landestopographie entschlossen, die Gemeinde Noflen aerophotogrammetrisch aufzunehmen und eine Vergleichsauswertung vorzunehmen. Die Prüfung der dem Vermessungswerk anhaftenden Mängel hat ergeben, daß die auftretenden Fehler systematischer Art Beträge erreichen, die innerhalb der unvermeidbaren Fehler aerophotogrammetrischer Aufnahmen und Auswertungen liegen und daß da, wo grobe Fehler vorhanden sind, diese erfahrungsgemäß beim heute erreichten Grad der Zuverlässigkeit und Genauigkeit stereophotogrammetrischer Arbeiten nach Art und Größe erkannt und berücksichtigt werden können.

Die Vergleichen zwischen der Meßtischaufnahme Noflen und der aerophotogrammetrischen Aufnahme erstreckte sich zudem vorwiegend über solche Geländepunkte, welche aus der Gemeindevermessung als nach Lage und Höhe eingemessene Polygonpunkte hervorgegangen sind und sich auf den Fliegeraufnahmen als eindeutig erkennbare Bildpunkte identifizieren ließen. Zur Hauptsache fielen die Bildpunkte mit wichtigen Punkten der Geländesituation zusammen, wie Straßen- und Wegränder, Abzweigungen und Kreuzungen von Kommunikationen, Bachkorrekturen, Brücken und Stege, sowie Waldränder und Hecken, Vorplätze bei Häusergruppen. Vereinzelt wurden zur Gewinnung von

Vergleichshöhen auch Geländepunkte im offenen Feld ausgewertet, deren Lage nach Maßgabe der im Uebersichtsplan koordinatenmäßig aufgetragenen Polygonpunkte erhalten wurde. Bei der Bewertung der Vergleichsresultate muß immerhin berücksichtigt werden, daß der durch Reduktion der Grundbuchpläne mittelst Pantograph im Uebersichtsplan entstandenen Situationszeichnung ein mittlerer tolerierter Lagefehler von $\pm 0,15$ mm anhaftet. Ferner muß damit gerechnet werden, daß einige Höhen der zum Vergleich herangezogenen Polygonpunkte bis zu einigen Dezimetern verfälscht sein können, da das der alten Gemeindevermessung Noflen zugrundeliegende Polygonar sowohl in den Ausgangshöhen als in den Höhenbestimmungen der Polygonpunkte selbst, wesentlich geringere Genauigkeit aufweist, als die Ergebnisse neuzeitlicher Grundbuchvermessungen. Der Vergleichsmessung kommt daher mehr praktischer als wissenschaftlicher Wert zu. Trotzdem sind die erzielten Resultate, wie wir im folgenden sehen werden, als ernsthafte Erfolge von grundlegender Bedeutung und großem vermessungstechnischem Wert hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Anwendungsmöglichkeiten der aerophotogrammetrischen Aufnahme- und Auswertungsmethode im allgemeinen und der Erzeugnisse der Konstruktionsfirma Wild in Heerbrugg im besonderen, zu bewerten.

Der *Flugplan* legte fest, daß das Gemeindeareal Noflen ca. in west-östlicher Richtung angeflogen und in 2000 m über Mittelgrund, d. h. in konstanter Flughöhe von 2610 m ü. M., zweimal, nämlich in zwei parallelen Streifen überflogen werden sollte, so daß ein gegenseitiges Uebergreifen der beiden Streifen von mindestens 30 % gesichert war.

Der *Aufnahmeplan* sah konvergente Steil-Plattenpaare vor mit vor- und rückwärts in der Flugrichtung zum Lot gekippten Aufnahmeachsen, die infolge der in der Bauart begründeten Einschränkung höchstens einen Konvergenzwinkel von 15° einschließen konnten. Die vom Beobachter anzustrebende Basis, d. h. Entfernung der beiden Aufnahmeorte eines Plattenpaares in der Luft, wurde zu 720 m angegeben. Die Ueberlappung der einzelnen Plattenpaare sollte mindestens 30 % und nicht mehr wie 50 % betragen. Auf Grund dieser Dispositionen und Instruktionen ergaben sich im ersten Flugstreifen 2, im zweiten Flugstreifen 2—3 Plattenpaare. Der mittlere Aufnahmemaßstab ergibt sich zu ca. 1 : 12 000, was pro Plattenpaar bei angestrebter 100 %iger Ueberdeckung der beiden Einzelaufnahmen eine effektive auswertbare Fläche von ca. 1,5 km² ergibt.

Als Plattensorte kam zur Verwendung die Spezial-Fliegerplatte von Perutz, München, deren Spiegelglas von der Glasmanufaktur Dinkelshühler in Fürth (Bayern) geliefert wurde.

Der *Vermessungsflug* gelangte zur Ausführung am 19. Juli 1928 mit Start des Flugzeuges DH 5 Nr. 455 auf dem Militärflugplatz Thun um 10 Uhr vormittags. Die Witterungsverhältnisse waren entsprechend den Angaben des Beobachters im Flugapparat folgende: Westwind, Bewölkung 3/10, einzelne Wolken auf 1500 m, Sicht 20 km, starker Dunst. Verwendet wurde die Fliegermeßkamera Wild Nr. 1 in Auf-

hängevorrichtung. Im gleichen Fluge wurden Aufnahmen des Gemeindegebietes Noflen in 1000 und 3000 m über Mittelgrund für andere Versuchszwecke erstellt. Der Flug dauerte nach den Aufzeichnungen im Flugrapport von 10.09—10.52 Uhr, somit 43 Minuten, wovon 18' Flugzeit beansprucht wurden, um die insgesamt 30 Einzelaufnahmen zu erstellen. Die photographischen Platten wurden gleichen Tages in der Standentwicklungsanlage der Landestopographie in Bern entwickelt. Für die Probeaufnahme Noflen wurden endgültig für die Auswertung ausgeschieden die Plattenpaare 21/22, 23/24, 25/26 und 27/28.

Die Vorbereitungen zur Auswertung waren die folgenden:

Der mit der Auswertung beauftragte Techniker wählte an Hand der von den Plattenpaaren erstellten Kopien für jedes Plattenpaar geeignete Einpaßpunkte in genügender Zahl aus. Die Auswahl wurde so getroffen, daß die Paßpunkte nach Lage und Höhe sowohl bei stereoskopischer Betrachtung des Bildpaares, als auch im Gelände selbst eindeutig und präzis definiert werden konnten. Die Paßpunkte wurden in den Kopien bezeichnet und nummeriert und außerdem ein Verzeichnis derselben angelegt mit näherer Beschreibung und allfälligen Skizzen der Punkte und ihrer Umgebung. Sodann erhielt ein Vermessungstechniker Auftrag und Instruktion, an Hand der in den photographischen Kopien und im Verzeichnis eingetragenen Paßpunkte, ausgehend von Triangulations- und Polygonpunkten, diese Paßpunkte an Ort und Stelle einzumessen und koordinatenmäßig nach Lage und Höhe zu bestimmen. Mit Rücksicht auf die schon erwähnte Unsicherheit in den geodätischen und vermessungstechnischen Grundlagen des Vermessungswerkes Noflen, wurden eine Anzahl überschüssiger Paßpunkte bestimmt, um nötigenfalls diese Unsicherheiten unter einer genügenden Zahl von Paßpunkten ausgleichen zu können. Von den insgesamt 29 vom Photogrammeter auf den Platten ausgewählten Punkten sind durch den Vermessungstechniker im Felde 23 Punkte eingemessen worden, wovon für die Einpassung der ausgewerteten Plattenpaare endgültig 19 Punkte Verwendung fanden.

Die Einpaßpunkte wurden mittelst Koordinatograph auf einer mit photographischer Schicht versehenen Auswertungsglasplatte im Maßstab 1 : 10 000 aufgetragen und mit Nummer und Höhe angeschrieben. Auf Grund der auf der Glasplatte aufgetragenen Paßpunkte fand die Einpassung der Plattenpaare statt; nach erfolgter Einpassung wurden die Situation und die Höhenkurven mit 5 m Aequidistanz auf die gleiche Glasplatte ausgewertet.

Der mit der Einpassung und Auswertung beauftragte Techniker war vorgängig der Ausführung der Probeaufnahmen Noflen von einem Ingr.-Photogrammeter der Landestopographie systematisch in den Vorgang der gegenseitigen Orientierung und Einpassung aerophotogrammetrischer Plattenpaare mit dem Autographen Wild eingeführt und ausgebildet worden zur selbständigen Lösung dieser Aufgabe. Dieser Techniker hatte seither während 1 ½ Jahren mit Autographen Wild terrestri-

sche Aufnahmen ausgewertet und verfügt über entsprechende Uebung und Erfahrung in der stereoskopischen Auswertungsmethode.

Die Auswertungsarbeiten wurden mit dem Wild-Autographen Nr. 4 der Eidg. Landestopographie in der Zeit vom 2.—10. August vom erwähnten Techniker als Autogrammeter, dem ein technischer Gehilfe zur Bedienung des Zeichnungsstiftes zugeteilt war, ohne irgendwelche weitere Hilfe erledigt. Die auszuführenden Arbeiten der gegenseitigen Orientierung der zu einem Plattenpaar gehörenden Einzelaufnahmen (Erstellen des höhenparallaxfreien Raummodells), der Orientierung des Plattenpaares zu den gegebenen Einpaßpunkten und die Auswertung von Situation und Kurven, erforderten einen Arbeitszeitaufwand für alle 4 zur Verarbeitung gelangenden Plattenpaare von insgesamt $47\frac{3}{4}$ Arbeitsstunden, d. h. im Durchschnitt pro ausgewertetes Plattenpaar ca. 12 Arbeitsstunden oder $1\frac{1}{2}$ Bureau-Arbeitstage, zu 8 Stunden gerechnet. Die ausgewertete Gesamtfläche beträgt 324 ha, d. h. pro Plattenpaar im Durchschnitt 81 ha. Bei der Beurteilung dieser Leistungszahlen ist in Berücksichtigung zu ziehen, daß der die Arbeiten ausführende Autogrammeter wohl gründliche Anleitung für aerophotogrammetrische Arbeiten mit dem Wildautographen erhalten hat, jedoch weder über Uebung noch Erfahrung verfügte, da die Probeaufnahme Noflen seine erste Auswertungsarbeit dieser Art darstellt. Während der gesamten Dauer der Auswertungsarbeiten hat der Autograph Wild vollständig störungsfrei gearbeitet; die zu Beginn der Auswertung vorgenommene Kontrolljustierung blieb vollständig erhalten.

Das *Auswertungsergebnis* stellt in seiner Gesamtheit eine zusammenhängende topographische Aufnahme dar, die alle Geländegegenstände und Terrainformen wiedergibt, welche in den Plattenpaaren enthalten sind, eingesehen und identifiziert werden können. Stereoskopisch und meßtechnisch nicht fehlerfrei erfaßbare Objekte und Geländeformen im Schlagschatten von Waldrändern und Obstbaumbeständen, mit dichtem Wald bestandene Geländeteile, nicht eindeutig erkennbare Wirtschafts- und Fußwege, untergeordnete Gewässerrinnen, die zu Verwechslung Anlaß geben mit Parzellen- oder Kulturgrenzen, wurden nicht ausgewertet. Die Bewertung des Straßen- und Wegnetzes, die Korrektur der Grundrißdimensionen der Gebäude (bei der Auswertung durch ungleichmäßige, vorspringende Dachteile meistens verdeckt) und die Ergänzung der Höhenkurven im dichten Wald müssen nachträglich als Ergänzungsarbeiten nachgeholt werden. Die Landestopographie wird in Zukunft den andernorts eingeschlagenen Weg, der Auswertung vorausgehend, eine Begehung des Geländes an Hand der Fliegeraufnahmen anzuordnen, um Erhebungen über alle nicht ohne weiteres aus aerophotogrammetrischen Aufnahmen lesbaren und auswertbaren Einzelheiten zu machen, mit Vorteil einschlagen. Dieses Verfahren bietet bei gleichzeitiger Ausführung mit der im Gelände erfolgenden Einmessung der Paßpunkte bei aerophotogrammetrischen Arbeiten für topographische Plan- und Kartenzwecke technische und wirtschaftliche Vorzüge.

Die *Genauigkeitsprüfung* der aerophotogrammetrischen Probeaufnahme Noflen erfolgte unter der Leitung des Verfassers und erstreckte sich über alle 4 ausgewerteten Plattenpaare. Sie wurde vom 13.—15. August durchgeführt nach folgendem Vorgang.

Von der Original-Meßtischaufnahme des Uebersichtsplanes Noflen im Maßstabe 1 : 5000 wurde eine maßhaltige photographische Reduktion in den Maßstab 1 : 10 000 vorgenommen und das Reduktionsnegativ auf ein Aluminium-Meßtischblatt photographisch kopiert. Dieses Aluminium-Meßtischblatt im Maßstabe 1 : 10 000 diente für alle zu prüfenden Plattenpaare als Unterlage für Eintragung und Abmessung der ausgewerteten Lage- und Höhenpunkte, nachdem vorher das vorhandene Koordinatennetz überprüft und die Einpaßpunkte mit dem Koordinatographen aufgetragen worden waren.

Für jedes im Autographen zur Prüfung eingelegte Plattenpaar wurden an den entsprechenden Trommeln und Skalen die im Auswertungsprotokoll eingetragenen, aus der Einpassung und Auswertung hervorgegangenen Auswertungselemente eingestellt, das Raummodell auf vorhandene Höhenparallaxfreiheit überprüft und das Vergleichsmeßtischblatt des Uebersichtsplanes Noflen nach Maßgabe der koordinatenmäßig aufgetragenen und im Autographen eingestellten Paßpunkte orientiert, wobei gleichzeitig die Höhenkontrolle durch Ablesen der Höhen der eingestellten Paßpunkte an der Höhentrommel und Vergleichung der Autographenhöhen mit den Sollwerten durchgeführt wurde. Bei allen Plattenpaaren bewegten sich die Abweichungen von den Sollwerten der Paßpunkte in der Lage zwischen 0 bis $\pm 0,3$ mm in der Höhe und zwischen 0 und ± 50 cm. Diese Feststellung ergibt einwandfrei die methodische Leistungsfähigkeit der aerophotogrammetrischen Vermessungsmethode und die Zuverlässigkeit, Stabilität und Präzision in der optischen und mechanischen Ausführung der Wildschen Aufnahme- und Auswertungsinstrumente.

Der Verfasser bezeichnete jeweils dem Autogrammometer an Hand der Kopien des zur Prüfung im Autographen eingelegten Plattenpaares diejenigen Geländepunkte, die er einzustellen hatte. Nach erfolgter Einstellung jedes Punktes wurde die Lage durch eine an Stelle des Zeichenstiftes eingeführte, zentrierte Pickiernadel gestochen und die vom Autogrammometer abgelesene Autographenhöhe des Punktes zu Protokoll gegeben. In dieser Weise wurden für die einzelnen Plattenpaare eingestellt und ausgewertet, folgende Anzahl von Lage- und Höhenpunkten:

Plattenpaar Nr.:	Lagepunkte:	Höhenpunkte:
21/22	29	20
23/24	17	15
25/26	40	40
27/28	17	19
Total	103	94

Die Verschiebungen der ausgewerteten Lagepunkte gegenüber den aus dem Meßtischblatt sich ergebenden Soll-Lagen wurden mit einer Präzisions-Strichlupe von Zehntelmillimeter-Teilung abgemessen und im Fehler-Protokoll eingetragen.

Im Fehler-Protokoll, das für jedes Plattenpaar angefertigt war, wurde mit den Abweichungen der ausgewerteten Höhen und Lagen gegenüber den Sollwerten die Fehlerrechnung durchgeführt, was folgende *mittlere Fehler* ergab, wobei die Zahl der verglichenen Punkte in Klammer vorgesetzt ist.

Plattenpaar Nr.:	Höhenfehler Meter	Lagefehler mm
21/22	(20) $\pm 0,49$	(29) 0,25
23/24	(15) $\pm 0,53$	(17) 0,35
25/26	(40) $\pm 0,56$	(40) 0,32
27/28	(19) $\pm 0,43$	(17) 0,25

Aus allen Plattenpaaren zusammen (94) $\pm 0,51$ (103) 0,30

Der mit diesen Ergebnissen gewonnene Genauigkeitsnachweis ist praktisch-technischer Art, da im Hinblick auf die erwähnten Mängel in den Vermessungsgrundlagen des Uebersichtsplanes der Gemeinde Noflen eine wissenschaftliche Genauigkeitsprüfung nicht durchführbar ist. Dieser Umstand schmälert aber in keiner Weise die Bedeutung und Zuverlässigkeit der Ergebnisse, wenn deren Beurteilung vom Standpunkte des Vermessungspraktikers und im Hinblick auf die Bedürfnisse und Anforderungen technisch-wirtschaftlich durchzuführender Vermessungsarbeiten geschieht. Die praktizierenden Vermessungsfachleute werden aus den Resultaten der Genauigkeitsuntersuchung den Schluß ziehen können, daß die aerophotogrammetrische Vermessungsmethode erfolgreich arbeitet und die ihr dienenden Instrumente Wild leistungsfähig sind. Für die auf dem Gebiete der Stereophotogrammetrie theoretisch-wissenschaftlich tätigen Fachleute werden die im folgenden gemachten Angaben über die bei der aerophotogrammetrischen Aufnahme Noflen sich ergebenden Aufnahmeelemente den Nachweis leisten, daß kleinbrennweitige, bestmöglichst auskorrigierte Objektive von großer Lichtstärke, sowie Basisverhältnisse von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ und Konvergenzen von 11° bis 17° zwischen den optischen Achsen der Aufnahmepaare, weitgehenden Ansprüchen der Wissenschaft und Technik entsprechen können. Hierin hat sich unser Landsmann, Oberingenieur Wild, mit seinen neuzeitlichen Bestrebungen, in methodisch und konstruktiver Richtung erfolgreiche Verbesserungen auf aerophotogrammetrischem Gebiete einzuführen, unbestreitbare Verdienste auf dem Gebiete der Wissenschaft und Technik im allgemeinen und der Vermessungspraxis im besondern erworben.

Die Elemente der aerophotogrammetrischen Aufnahme Noflen ergeben sich für die verschiedenen Plattenpaare wie folgt:

Plattenpaar Nr.	Basis Meter	Flughöhe über Grund in Meter	Basis- verhältnis	Konvergenz der opt. Achsen
21/22	520	2040	1 : 3,9	17° 13'
23/24	547	2090	1 : 3,8	15° 05'
25/26	706	2100	1 : 3	17° 06'
27/28	611	2110	1 : 3,5	11° 16'

In einer Richtung ist die aerophotogrammetrische Probeaufnahme Noflen noch nicht zahlenmäßig überprüft worden, nämlich in bezug auf die Lage- und Höhegenauigkeit der ausgewerteten Höhenkurven von 5 m Aequidistanz. Der Grund hierfür liegt im Mangel vorhandener Kontrolltachymeterzüge, die in zweckmäßiger Weise durch Geländeschnitte geführt, die erforderlichen zuverlässigen Vergleichselemente liefern. Die Landestopographie beabsichtigt im Gebiete der Gemeinde Rüscheegg, in welchem bereits die aus Meßtischaufnahme und erdphotogrammetrischer Aufnahme hervorgegangene Höhenkurvengenauigkeit ermittelt wurde, eine aerophotogrammetrische Aufnahme zum gleichen Zwecke durchzuführen.

Bei der hiervor besprochenen punktweisen Festlegung der erreichbaren Genauigkeit hat sich die Gelegenheit geboten, die aus der Meßtischaufnahme des Uebersichtsplanes Noflen hervorgegangenen Höhenkurven durch stichprobenartige Kurvenauswertungen stellenweise zu vergleichen. Abgesehen von dem an Einzelheiten reicheren Verlauf der durch die Auswertung gewonnenen Höhenkurven, stimmen die beiden Kurvensysteme innerhalb der für Uebersichtspläne geltenden Genauigkeitsvorschriften miteinander überein.

Vergleiche allgemeiner Art zwischen den beiden Höhenkurvendarstellungen fallen unbedingt zugunsten der aus der aerophotogrammetrischen Aufnahme ausgewerteten Geländedarstellung aus. Der allgemein hügelig-wellige Charakter des Aufnahmegeländes tritt im engeren Zusammenhange mit den vielen charakteristischen Formeneinzelheiten des Geländes in Erscheinung, die aerophotogrammetrischen Kurven vermitteln in weit ausgesprochenerem Maße eine anschauliche und natürliche Vorstellung der Formen und Neigungen des Geländes.

Das Ergebnis der aerophotogrammetrischen Aufnahme Noflen liefert unstreitig den Beweis, daß bei aerophotogrammetrischen Vermessungsarbeiten, ausgeführt mit Instrumenten der Konstruktionsfirma Wild in Heerbrugg vermessungstechnische Genauigkeiten erzielt werden, welche bisher bekanntgewordene Erfolge auf gleichem Gebiete nicht nur bestätigen, sondern übertreffen.