

Zeitschrift:	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural
Herausgeber:	Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)
Band:	83 (1985)
Heft:	11
Artikel:	Erfahrungen mit Stereoorthophotos der Waldgebiete gemässigter Zonen
Autor:	Tomasegovic, Z.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-232633

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.02.2026

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

dig. Es ist von besonderer Bedeutung, dass der Kontrollierende immer das Ziel und die Aufgabe der Verbauung vor Augen hat. Daraus ergeben sich verschiedene Funktionen für die Weiden.

Die Weiden bilden den Endbestand: In Abständen von 3-8 Jahren ist ein Rückschnitt notwendig. Dieses «Auf den Stock setzen» darf nur auf Teiflächen und nicht auf der gesamten Verbauung gleichzeitig erfolgen. Das anfallende Weidenmaterial ist bestens für weitere Verbauungen geeignet.

Die Weiden haben primär eine technische Aufgabe. Andere Gehölze bilden den anzustrebenden Endbestand. Dieses Ziel muss mit der Pflege erreicht werden. Zwischen den möglichen Wegen ist der zweckmässigste nach forstlich-waldbaulichen Kriterien zu wählen. Besonders zu beachten ist, dass die technische Funktion des Werkes dauernd erhalten bleibt.

Die resultierenden Arbeiten sind für Ingenieur und Unternehmer ungewohnt. Sie erfordern neben Erfahrung

viel ökotechnisches Verständnis. Dennoch ist es vorteilhaft, die ersten Pflegeeingriffe in das Projekt zu integrieren und dem selben Unternehmer zu übertragen.

5. Ausblick

Die Anwendung ingenieurbiologischer Sicherungsmassnahmen ist heute ein Gebot der Zeit. Um diesem vermehrt Folge leisten zu können, sind verschiedene Massnahmen notwendig.

Den Ingenieuren muss neben den technischen Regeln auch die Ökologie nähergebracht werden. Besonders ist das Verständnis für die ökotechnischen Zusammenhänge zu vertiefen. Speziell zu fördern sind die Kenntnisse der verschiedenen Bauweisen und die Grenzen ihrer Anwendung. Mit diesem Wissen kann der erfolgreiche Einsatz der Ingenieurbiologie abgeschätzt werden. Zur Vorbereitung und Durchführung solcher Arbeiten wird der Ingenieur jedoch meistens Spezialisten zu ziehen müssen.

Wie eingangs erwähnt, sind viele empirische Erkenntnisse wissenschaftlich abzustützen. Der Forschung kommt also eine besondere Bedeutung zu. Es seien nur einige offene Fragen angetönt: Intensität und Tiefe der Durchwurzelung; optimale Pflege und Unterhalt; Verbundfestigkeit von Wurzeln und Bodenmaterial; Rechnerische Erfassung des Beitrages der Vegetation zur Standsicherheit; Zeitabhängige Entwicklung der Festigkeit usw. Erste Untersuchungen mit dem Ziel, die Verbundfestigkeit von Wurzeln und Boden bautechnisch zu nutzen, sind eingeleitet. Neben der Forschung an Hochschulen und Versuchsanstalten sind Kleinversuche in jedem Projekt möglich. Dadurch wird die Erfahrung von allen Beteiligten erweitert und die Weiterentwicklung der Ingenieurbiologie ermöglicht.

Adresse des Verfassers:
Thomas Weibel, dipl. Forsting, ETH/SIA
Zugerstrasse 112, CH-8810 Horgen

Erfahrungen mit Stereoorthophotos der Waldgebiete gemässigter Zonen

Z. Tomašegović

Es werden die Ergebnisse von Untersuchungen mitgeteilt, in denen die amtliche Karte 1:5000 mit dem Stereo-Orthophoto 1:5000 in einem für Jugoslawien typischen, bergigen Waldgebiet verglichen wurde. Insbesondere wurde die geometrische Zuverlässigkeit anhand der Genauigkeitsvergleiche entsprechender Distanzen, Winkel und Flächen bestimmt.

Ebenfalls untersucht wurde die Möglichkeit zur genauen Bestimmung topographischer Höhen in Stereo-Orthophotos mit Hilfe von sehr einfachen Auswertegeräten.

Schliesslich wurde eine Antwort auf die Frage gesucht:

«Wie muss ein amtliches Kartenwerk ausgestaltet werden, wenn es in der grossmassstäbigen Darstellung von bergigen Waldgebieten in gemässigten Zonen am besten dienen soll, und zwar sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht?»

Les résultats de recherches comparatives, en particulier à l'égard de la confiance géométrique de la carte officielle de l'Etat et des stéréo-orthophotographies à l'échelle 1:5000 d'une région forestière typique montagneuse de Yougoslavie sont présentés en tenant compte de l'exactitude des distances, des angles et des superficies représentées.

La possibilité de la détermination précise des élévations topographiques en stéréo-orthophotographie à l'aide d'accessoires les plus simples a aussi été examinée. On cherche à savoir, pour des terrains forestiers et montagneux des régions tempérées, quels sont les produits cartographiques à grand échelle les mieux appropriés du point de vue technique et économique.

Einleitung

Für ein ausgeprägtes Hochwaldgebiet im westlichen Teil Jugoslawiens wurden anhand panchromatischer Sommer-Luftbildaufnahmen (UAg: Wild

RC 10) bis 1980 ungefähr 150 Blätter des amtlichen Kartenwerks in Form der Grundkarte 1:5000 hergestellt. Vom selben Luftbildmaterial wurden drei Triplets ausgewählt zur Herstellung

dreier Orthophotos im Massstab 1:5000 mit zugehörigen linear gesteuerten Stereopartnern mit dem Wild Avioplan OR1 und den Programmen SORA-OP bzw. SORA-OPS des Instituts für Photogrammetrie der Technischen Universität Wien.

Schon wiederholt wurde die Forderung aufgestellt, die Photogrammetrie sei bei der Herstellung der Grundkarte multidisziplinär einzusetzen. Eine der möglichen Erweiterungen der Zielsetzung ist die Auswertung für eine Karte der Vegetationseinheiten (Pflanzengesellschaften) bzw. eine Karte der Ökotope der Wälder und Grasländer verbunden mit der Erstellung eines Verzeichnisses der vorhandenen Bodentypen. In Jugoslawien sind wir darum bemüht, die Zusammenarbeit von Photogrammetern und Photointerpreten wie z.B. Botanikern, Landwirten, Förstern und Bodenkundlern zu realisieren.

Wenn man davon ausgeht, dass Orthophotopläne für Wüsten- und Sumpfgebiete zu teuer sind und für urbanisierte Ballungszentren nur unvollständige kartographische Unterlagen liefern, so liegen sie demgemäß für Waldgebiete irgendwo in der Mitte. Die augenscheinlichen direkten Informationen

über Baumarten, Baumwuchs, Alter, Bestandesschluss, Kronenzahl und Standort, die im Orthophotoplan (Luftbild) alle direkt erkennbar sind, führen zu der Frage nach der äusseren Form der kartographischen Unterlagen des grossmassstäblichen Kartenwerks. Die Einführung von Stereoorthophotos bedeutet heutzutage die Einführung grösster Demokratisierung in die Photogrammetrie, indem nämlich verhältnismässig genaue Kartierungen auch ohne photogrammetrische Spezialausbildung möglich sind und von den interessierten Fachleuten wie z.B. den Geologen, Förstern, Landwirten, Bodenkundlern, Geographen usw. selber ausgeführt werden können. Im Vordergrund stehen hierbei die einfachen und leicht zu bedienenden Stereoauswertegeräte wie Klappspiegel-Stereoskop mit Stereometer, Stereopret von Zeiss-Oberkochen, Aviopret APT1 von Wild Heerbrugg AG, Ortster IGN, Stereograph von Rost, Interpretoskop von Carl-Zeiss-Jena u.a.m. Dabei können neben den kartographischen Anwendungen auch exakte Flächenbestimmungen vorgenommen werden. Auch Strassen- und Bahnachsen können direkt im Stereomodell realisiert werden. Dort, wo ausnahmsweise die Strichdarstellung verlangt wird, wie zum Beispiel für die nicht signalisierten PTT- oder elektrischen Fernleitungen, kann das Stereoorthophoto zu solchen Darstellungen in Form einer Pauskopie ohne allfälliges Generalisieren herangezogen werden. Obwohl jedes Stereoorthophoto die vollständige Höhendarstellung enthält, können in den Orthophotoplänen Schichtlinien eingezeichnet werden für solche Benutzer, die das stereoskopische Sehen und Messen noch nicht beherrschen.

Die Zweckmässigkeit der Anwendung von Stereoorthophotos für die Herstellung von Waldbestandeskarten wurde an anderer Stelle [7] bewiesen und einigermassen allgemein durch eine Autorengruppe angegeben [9].

Mit der vorliegenden Studie möchte ich zur Beantwortung der folgenden Frage beitragen:

«Eignen sich für die Kartierung von verschiedenen Vegetationsmerkmalen und Bodentypen im bergigen Waldgebiet Orthophotopläne (Stereophotopläne) besser als herkömmliche Strichkarten mit entsprechenden Deckfolien?»

Die vergleichenden Untersuchungen hinsichtlich der geometrischen Zuverlässigkeit des Orthophotos bzw. der Strichkarte wurden so durchgeführt, dass die Untersuchungen zur Lagegenauigkeit aufgegliedert wurden in verschiedene Phasen:

- Streckengenauigkeit
- Grad der Konformität
- Flächentreue der beiden Unterlagen.

Dahinter steckte die Absicht, auf diese Weise zu differenzierten Kriterien für die Beurteilung der geometrischen Zuverlässigkeit zu kommen. Vergleichende Beobachtungen wurden auch angestellt hinsichtlich der Lesbarkeit, der Wirtschaftlichkeit und ganz besonders hinsichtlich der Möglichkeit einer zuverlässigen Höhenmessung mit Hilfe des Klappspiegelstereoskops und des Stereometers.

Orthophotos und ihre Stereopartner wurden von den massbeständigen Reprofilen auf massbeständiges Photopapier, beides auf Polyesterbasis, kopiert. Die Grundkarte wurde in Form von massbeständigen Folien untersucht, welche nur planimetrische Einzelheiten als schwarze Komponenten enthielten. Die Herstellung von Stereoorthophotos stützte sich auf genügend geodätische Informationen: trigonometrische Punkte sowie mehrere Punkte, die im Jahre 1976 vor der Luftbildaufnahme signalisiert und im Zuge der Aerotriangulation am Analytical Plotter APC ihre Landeskoordinaten erhielten, so dass für die Erfassung der Gelände-höhe die numerische absolute Orientierung vorgenommen werden konnte.

Das Format der zentralen Orthophotos in den Triplets betrug a) 70 cm x 66 cm, b) 70 cm x 72 cm und c) 70 cm x 75 cm. Es wurde nicht das volle Bildformat (23 x 23 cm) einbezogen. Für jedes Orthophoto wurden 88 Profile mit Längen von 744 mm bei der Datenerfassung gemessen; die Schlitzbreite im Avioplan betrug 8 mm, die Projektionsgeschwindigkeit 30 mm pro Sekunde.

Die Geländeneigungen erreichten stellenweise Beträge von ungefähr 200 Prozent und mehr am Bildrand bzw. 85 Prozent in der Nähe der Bildmitte. Die Neigung einer beobachteten Felswand am Bildrande verursachte eine Verwischung des Bildes.

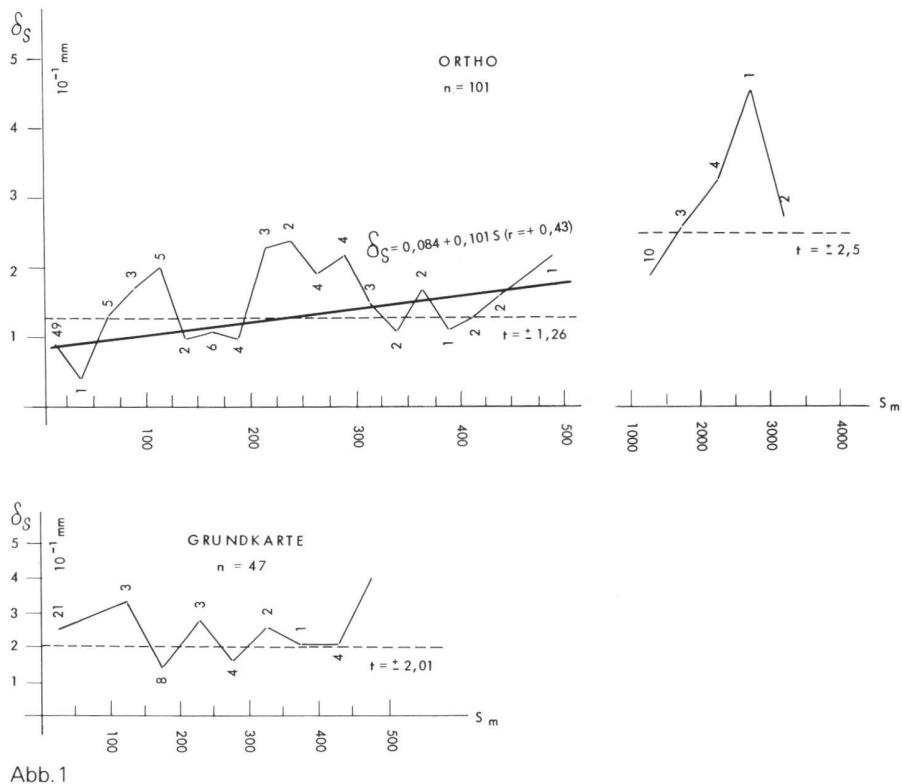
Auf einem der Orthophotos betragen die Höhenunterschiede des Geländes 17 Prozent der Flughöhe. Im selben Bild ist auch der grösste Hochwaldanteil von ca. 90 Prozent enthalten.

Streckengenauigkeit

Die Untersuchungen stützen sich auf:

- 7 gut definierte Gruppen natürlicher Punkte im landwirtschaftlich genutzten Gelände (teilweise Enklaven). Die Raumkoordinaten dieser insgesamt 38 abgesteckten Punkte wurden mittels parallaktischer Messungen erhalten (Theodolit Wild T 2, Basislatte).
- 12 signalisierte trigonometrische Punkte 3. und 4. Ordnung. Es wurden auch 8 der signalisierten und mittels Aerotriangulation bestimmten Punkte herangezogen.
- 21 parallaktisch gemessene Strecken.
- 95 Strecken, gemessen mit dem 25 m Messband.

Die Sollwerte der Strecken im Orthophoto resp. in der Grundkarte sind aus den Koordinaten abgegriffener Punkte ermittelt worden. Die meisten Punkte wurden am Koordinatographen des Autographen Wild A 8 auf 0,01 mm abgegriffen; eine kleinere Anzahl wurde mit Hilfe eines Millimeterlineals mit zugehörigem Nonius abgegriffen (0,05 mm).



Wenn man die Strecken der beiden Systeme miteinander vergleicht, so gelangt man zu den in Abb. 1 dargestellten Differenzen δ_s in Zehntelmillimetern. Der Wert für die sogenannte «Nachbargenauigkeit» (Strecken bis ungefähr 500 m) ist verhältnismässig gross. Er beträgt für Orthophotos im Durchschnitt $t = \pm 1.26$; damit kann der mittlere Fehler m geschätzt werden auf $m = \pm 1.25 t = \pm 0.16$ mm. Für die trigonometrischen Seiten (1 bis 4 km) sinkt die Genauigkeit auf $t = \pm 2.5$. Bekanntlich stimmt der mittlere zufällige Lagefehler der Endpunkte mit diesen Werten überein. In dem Fehlerpolygon (Abb. 1) sind die Frequenzen der klassierten Beobachtungen eingetragen.

Die «Nachbargenauigkeit» in der Grundkarte beträgt im Durchschnitt $t = \pm 2.01$ ($m = \pm 2.51 \cdot 10^{-1}$ mm).

Es wurde auch die Gleichung einer Regressionsgeraden, die das lineare Verhalten der Abweichungen δ_s in Abhängigkeit von den Streckengrössen im Orthophoto quantifiziert, berechnet ($\delta_s = 0.084 + 0.101 S$). Der zugehörige Korrelationskoeffizient ($r = +0.43$) lässt einen leichten Anstieg der Abweichungen mit der Streckenlänge vermuten.

Grad der Konformität

Die geometrische Ähnlichkeit der Figuren in Orthophotos bzw. Strichkarten haben wir durch den Vergleich von Winkeln bestimmt, die einerseits im Gelände als «wahre Werte» mit dem Sekundentheodolit Wild T 2 gemessen und andererseits aus den am Koordinatographen des Wild A 8 abgegriffenen Koordinaten entsprechender Punkte berechnet wurden: für Orthophotos 59 Winkel und für die Grundkarte 21 Winkel. Es wurden die Punkte der Gruppen a) bis c) des vorhergehenden Abschnitts herangezogen.

Da uns in der verfügbaren kartographischen Literatur eine geeignete Formel für die Fehlgrenzen der Konformität fehlte, konstruierte ich selbst eine Formel für die maximal zulässigen Abweichungen $\delta\alpha = \epsilon_1 + \epsilon_2$ zwischen den Sollwerten α_1 und den Istwerten α_2 mit dem Scheitel in B (Abb. 2). Dabei setzte ich den verhältnismässig ungünstigen Fall voraus, bei dem die Lageabweichungen der Punkte A, B, C 0,2 mm betragen. Die Beträge $\delta\alpha_{max}$ sind als

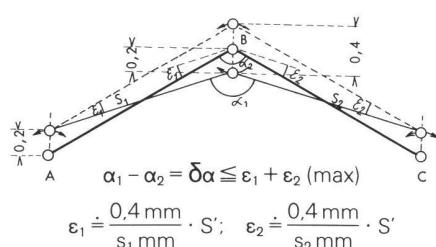


Abb. 2

Funktionen der Strecken S_1 und S_2 (mm) in der Tabelle (Abb. 3) zusammengezogen.

$\delta\alpha$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
10	274	206	183	171	164	160	157	154	152	151	150	148
20	206	138	115	103	96	92	89	86	84	83	82	80
30	183	115	92	80	73	69	66	63	61	60	59	57
40	171	103	80	68	61	57	54	51	49	48	47	45
50	164	96	73	61	54	50	47	44	42	41	40	38
60	160	92	69	57	50	46	43	40	38	37	36	34
70	157	89	66	54	47	43	40	37	35	34	33	31
80	154	86	63	51	44	40	37	34	32	31	30	28
90	152	84	61	49	42	38	35	32	30	29	28	26
100	151	83	60	48	41	37	34	31	29	28	27	25
110	150	82	59	47	40	36	33	30	28	27	26	24
120	148	80	57	45	38	34	31	28	26	25	24	22

Abb. 3

Beim Vergleich der Winkelgrössen in den Orthophotos bzw. in der Grundkarte mit den wahren Werten war festzustellen, dass die Werte in der Tabelle nur dreimal überschritten wurden, und zwar in dem Orthophoto einmal zu 100 Prozent und zweimal zu 120 Prozent der tabellierten Werte.

Die Abweichungen der ausgewählten Winkel in den Orthophotos (56 Beobachtungen) sind im Durchschnitt ± 38 Prozent und in den Grundkarten ± 43 Prozent der Maximalwerte in der Tabelle, was in guter Übereinstimmung mit den Streckengenauigkeiten steht. Es liegt hier noch einmal der Beweis dafür vor, dass die Lagefehler der Punkte in den Orthophotos sowie in der Grundkarte den Betrag von $\pm 0,2$ mm nicht überschreiten, obwohl man es mit einem dicht bewaldeten Gebiet zu tun hat.

Flächentreue

Nimmt man den Betrag von $\Delta F_{max} = 2,0 \sqrt{F}$ als Toleranz für die Äquivalenz von Unterlagen (1:5000), so stellt man bei unseren Orthophotos fest, dass bei den vierzehn Testfiguren mit Flächen zwischen 1,5 und 194 Hektaren der durchschnittliche zufällige Fehler ± 32 Prozent des ΔF_{max} beträgt und im Falle der Strichkarten ± 38 Prozent ($n = 4$). Die «wahren Werte» der Figurflächen wurden aus terrestrischen Koordinaten bestimmt (Lagegenauigkeit $m_y = m_x$ besser als $\pm 0,10$ m). Die Flächenwerte auf dem Orthophoto bzw. auf der Strichkarte (Folie) wurden aus Millimeterkoordinaten berechnet, die am Koordinatographen des Autographen A 8 Wild abgelesen wurden.

Höhenmessungen

Theoretisch wurde bereits in mehreren Veröffentlichungen [1], [3] und [5] darauf hingewiesen, dass die in Stereorthophotos enthaltenen geometrischen Elemente zu günstigen, sogar der Lage-

genauigkeit überlegenen Höhengenauigkeiten führen können. Diesen Vorteil soll man weitgehend ausnutzen, und zwar im Hinblick darauf, dass die Stereorthophotos mit möglichst einfachen Instrumenten ausgemessen werden können (Klappspiegel-Stereoskop mit Stereomikrometer).

Zur Verfügung standen die Höhen der schon erwähnten natürlichen Detailpunkte, der signalisierten trigonometrischen Punkte 3. und 4. Ordnung sowie der Punkte der Quasi-5.-Ordnung verteilt über alle Modelle.

Einer von den drei an den Untersuchungen beteiligten Beobachtern ist ein erfahrener Photogrammeter. Es wurde bei ihm ein mittlerer zufälliger Fehler

$$\bar{m}_{pxA} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}} = \pm 0,025 \text{ mm}$$

festgestellt anhand von 36 (n) Doppelbeobachtungen (d) der Horizontalparallaxendifferenzen (Δp_z); für den zweiten Beobachter (Messungen ohne Fernrohvergrösserung) $\bar{m}_{pxB} = \pm 0,037$ mm ($n = 37$) und für den dritten $\bar{m}_{pxC} = \pm 0,029$ mm ($n = 69$). Die Analyse dieser m_{px} -Werte mit Hilfe des F-Testes zeigt, dass zwischen diesen drei mittleren Fehlern keine signifikante Differenz (95% Wahrscheinlichkeit) besteht. Der erste Beobachter (A) beging keinen groben Fehler ($m_{px} > 3 \bar{m}_{pxA}$), beim Beobachter (B) bemerkte man 12% (5) und bei dem dritten 20% (17) grobe Fehler.

Die photogrammetrischen Höhendifferenzen waren mit $5000 \Delta p_z$ zu ermitteln, da der Koeffizient B/H bei der Entzerrung 1,00 gewählt wurde.

Die systematischen Fehler der Höhendifferenzen kamen bei allen Beobachtern in mehreren Punktgruppen (Punkthaufen) vor und wurden anhand der Forderung $\Sigma v = 0$ ausgeglichen. Die Verbesserungen betragen im Durchschnitt $\pm 1,1$ m.

Als Voraussetzung für die Erreichung einer maximalen Genauigkeit sollte vor allem eine korrekte gegenseitige Orientierung des Orthophotos samt Stereo-partner vollzogen werden:

1. Nach Angaben von R. Finsterwalder [3] müssen das Orthophoto und seine Stereo-partner in der x-Richtung mittels p_x -Vektoren einander zugeordnet werden. Es ist vorteilhaft, diese x-Orientierung an zwei Stellen mit möglichst grossen Δy -Werten (A und B in Abb. 4) vorzunehmen. Zwei transparente Lineale, welche über die p_x -Vektoren einerseits und die Punkte A und B andererseits ausgerichtet werden, erleichtern die Orientierung.

2. Falls man in den beiden Extrempunkten A und B eine Abweichung δp_x zwischen dem aus $h/5000$ berechneten

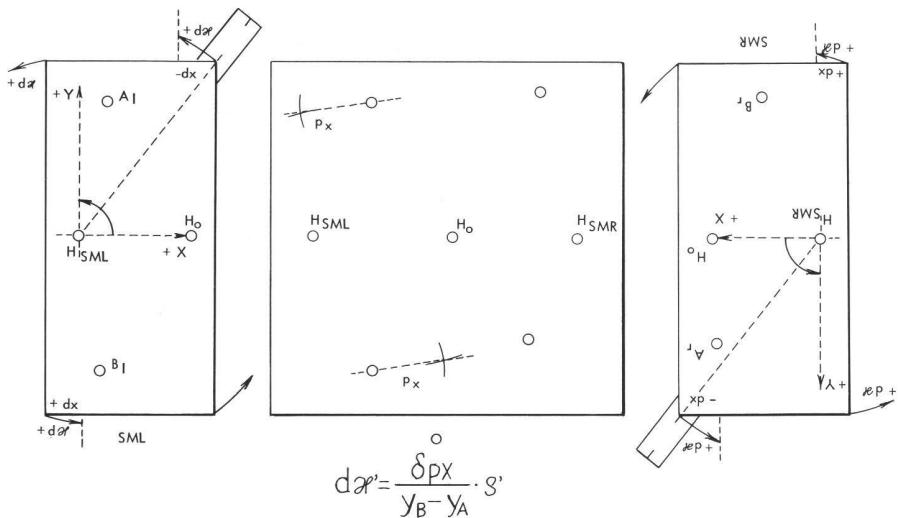


Abb. 4

und dem gemessenen Δp_x feststellt, so ist die relative Orientierung um den Betrag $\pm dx$ zu verbessern; hiermit lässt sich die Höhenmessgenauigkeit wesentlich steigern.

Die notwendige Kantung wurde mit Hilfe einer Pikiernadel um den markierten Hauptpunkt H_{SML} des linken bzw. H_{SMR} des rechten Stereopartners (Fig. 4) vollzogen. Am Ende eines etwa 500 mm langen Hebelarmes betragen die Tangentialverschiebungen zwischen 0,3 mm ($d = 2'$) und 9,5 mm ($d = 65'$).

3. Die Kontrolle der x-Orientierung kann nötigenfalls mit Hilfe zweier, bei Bedarf auch grösserer Metalldreiecke ausgeführt werden.

Zur kleinsten zufälligen durchschnittlichen Abweichung ($\pm t$) führen die parallaktischen Messungen des Beobachters C, und zwar $t = \pm 0,53$ m (mittlerer Fehler $m_t = \pm 0,66$ m), also $\pm 0,24\% H$ (bzw. $\pm 0,29\% H$). Der erfahrene Beobachter A arbeitete mit $t = \pm 0,76$ m; der Beobachter B mit $t = 0,84$ m. Die stereoskopische Sehschärfe ($mp_x = \pm 0,030$ mm) der Beobachter wurde nicht effektiv ausgenutzt. Es ist zu erwarten, dass die Spitzenleistungen erreicht werden, wenn:

- für die Kantung des Stereopartners ein vollkommenes Zubehör (z.B. Standmikroskop) oder Instrumentarium eingesetzt wird,
- ein Klappspiegel-Stereoskop mit grösserer Beobachtungsbasis insbesondere für grossmassstäbige Stereoorthophotos eingesetzt wird, um bei grösseren Höhendifferenzen die wiederholte Orientierung der Bilder zu vermeiden;
- wenn nach den Angaben Grabmeiners [4] für die logarithmische Projektion eine günstige Anordnung der Stereoorthophotos gewählt wird.

Schliesslich eröffnen uns Stereoorthophotos die Möglichkeit, mit einem Stereomikrometer, wie es in Abb. 5 dargestellt ist, geometrisch korrekte Achsen mit einem Gefälle n_i einer geplanten Verkehrsanlage zu bestimmen.

Die verschiedenfarbig und als Ring ausgebildeten Messmarken M_i können dabei den Zirkelschlag ersetzen, wie er bei der konventionellen Achsbestimmung auf Schichtlinienplänen angewendet wird. Zwei identische Glasplättchen mit Ringen sollten die üblichen Plättchen ersetzen. Durch die zentrische

Durchbohrung (Marke) des rechten Glasplättchens, das auf das Orthophoto aufgelegt wird, sticht eine federnde Pikiernadel, um die stereoskopisch erfassten Einzelpunkte des Achspolygons zu markieren.

Es wird zuerst mit der zentralen Raummarke der erste Punkt (1) des Achspolygons stereoskopisch visiert; danach werden die Höhen des Raummarkensystems um $\pm h = rn$ verstellt (Verstellung der Δp_x -Ablesung an der Trommel des Stereomikrometers um $\pm h/5000$: dabei tangiert die eine (M_i) der Peripherie-Raummarken das Geländemodell im Punkt 2; der Quadrant und die Farbe der betreffenden Messmarke M_i wird festgelegt; das Messmarkensystem wird höhenmässig um $\pm h$ in die Ausgangslage verstellt, wobei der Anfangspunkt (1) mit der gegenseitig zugeordneten Messmarke M_i nach erfolgter Translation des Stereometers tangiert wird. Dann verstellen wir die Messmarken nochmals um den Betrag $\pm h$ an der Trommel und markieren mit der Pikiernadel in dieser Höhe den nächsten Punkt (2) des Achspolygons und fahren so fort.

Wirtschaftlichkeit

Im Sinne der dargestellten Untersuchungen wird auch die Wirtschaftlichkeit vor allem durch Vergleich des Zeitaufwandes für die Herstellung der Grundkarte und der Stereoorthophotos behandelt.

	A	B	C	D	E	F	G
Min/ha	9	13	21	14	9	11	0,3

ha

Die Übersicht zeigt den durchschnittlichen Zeitaufwand in Minuten pro ha. A bis F sind Angaben für die Grundkarte, G für das Stereoorthophoto. In der letzten Zeile stehen die Angaben für Flächen einzelner Blätter der Grundkarte bzw. der Orthophotos.

Die Daten sind der Dokumentation derjenigen Photogrammetrie-Betriebe Jugoslawiens entnommen, die mit der

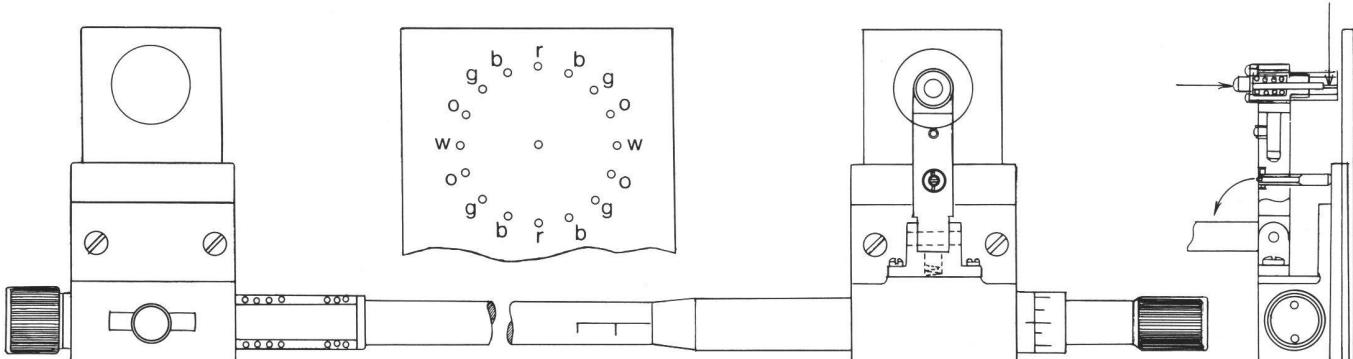


Abb. 5

Herstellung der Grundkarte im Massstab 1:5000 langjährig beschäftigt sind. Die Daten für die Herstellung der Stereoorthophotos in Wien erhielten wir von Herrn Dr. E. Vozikis, Heerbrugg. Es sind:

- A. Gebirgiges Gelände; grossflächige Waldparzellen; ohne Siedlungen. Auswertung mit Autographen Wild A 10 und A 8.
- B. Gebirgiges Gelände; etwa 10% der Flächen sind besiedelt (Autographen Wild A 10 und A 8).
- C. Ebenes Gelände; mit Siedlungen; Nivellementnetz von etwa 150 km Länge auf einer Fläche von ca. 20 000 ha (Autograph Wild A 8)
- D. Gebirgiges bewaldetes Gelände; mit Siedlungen (Nistri Analytical Plotter APC 1).
- E. Ähnliches Gelände wie D, jedoch Auswertung an den Autographen Wild A 7 und A 8.
- F. Steiles Karstgelände mit vielen Grenzmauern und sonstigem Detail (Autographen Wild A 7 und A 8).
- G. Gebirgiges, teilweise dicht bewaldetes Gelände mit einzelnen Siedlungen; Geländeneigungen bis über 200%.

Die Fälle A bis F schliessen folgende vergleichbare Arbeitsphasen ein:

- a) Das Kartieren der Planimetrie-Phänomene und der Hydrographie,
- b) Terrestrischer Vergleich (Verifikation) des Kartierers,
- c) Eintragen notwendiger Korrekturen,
- d) Zeichnen der Reproduktionsoriginale (schwarz, blau) sowie der Deckfolie mit Toponomastik,
- e) Kartendruck in spezialisierter Anstalt (ohne Schichtlinien und ohne Beschriftung).

Der Fall G schliesst in sich ein: Vorbereitungsarbeiten, Datenerfassung am Autographen Wild A 8, differentielle (lineare) Entzerrung am Avioplan OR 1 Wild.

Nicht enthalten im oben dargestellten Vergleich sind:

- die geodätischen Vorbereitungen für die Luftbildaufnahmen,
- die Flugplanung,
- die Signalisierung der Passpunkte,
- der Bildflug und
- die Aerotriangulation.

Umfrage

Als nächster Schritt in den vergleichenden Beobachtungen wurde untersucht, ob man mit der Strichkarte (Transparentfolie ohne Schichtlinien und ohne Beschriftung) oder mit dem Orthophoto (Luftbild, Photoskizze) bequemer und schneller die folgenden Fragen beantworten könne:

«Wo befindet sich mich? Wo stehen mein Haus, mein Garten, meine Felder; wo ist dieser oder jener Standort?»

Dazu wurden aus verschiedenen Dörfern elf Personen befragt, männlich und weiblich, im Alter zwischen fünfzehn und siebzig Jahren. Manche von ihnen sahen Luftbilder zum ersten Mal. Die Antwort fiel eindeutig zugunsten der Luftbilder (Orthophoto) aus, und zwar wegen des Reichtums des Inhaltes und wegen der Schattenwirkung, die das Erkennen des Reliefs (Dolinen, Einschnitte, Hänge, Löcher) erleichtert, wegen des Wegenetzes, das als System von dickeren oder dünneren weissen Fäden erscheint, und wegen der Vegetationseinheiten, die in dieser Region vorkommen (Acker, Grasland, Obstgärten und insbesondere einzelne Waldbäume, Sträucher und Hochwald). Beim Lesen der Strichkarte waren die Befragten verhältnismässig sicher, so lange sie sich in der Nähe der Hauptstrassen befanden (etwa fünf bis sechs Meter breite Autostrassen, dargestellt mit zwei Linien). Einzelbäume und Sträucher sind dort entweder gar nicht oder so dargestellt, dass sie wenig zum Erkennen beitragen.

Das Wegenetz in der Strichkarte mit dünneren oder dickeren schwarzen Linien kann Anlass zu Fehlinterpretationen geben (Grenzen anstatt Wege).

Nur einer von den Befragten meinte in der ersten halben Stunde des Gespräches, man solle der Strichkarte den Vorrang geben, da er dort die schwarz oder mit Schraffur dargestellten Häuser eindeutig wahrnehme. Nachdem ihn aber ein junger Einwohner auf die Schatten der Häuser aufmerksam gemacht hatte und nachdem er sich die ganze Umgebung in der Photoskizze angeschaut hatte, schloss er sich der Meinung der anderen zugunsten des Luftbildes an.

Schlussfolgerungen

Die Orthophotos samt zugehörigen Stereopartnern einer bergigen Buchentannenhochwald-Landschaft im westlichen Teile Jugoslawiens, die mit dem Avioplan OR 1 Wild hergestellt wurden, zeigen eindeutig einen hohen Grad der kartographisch-geometrischen Konsistenz hinsichtlich der Strecken- und Lagegenauigkeit, der Konformität, der kartographischen Äquivalenz sowie beim bequemen Lesen dieser Unterlagen.

Die Zuverlässigkeitmerkmale der Orthophotos sind im Vergleich mit jenen der Strich-Grundkarte desselben Gebietes und desselben Massstabes (1:5000) günstiger. Stereoorthophotos bieten die Möglichkeit für korrekte Höhenmessungen (Orographievorstellung, Achsenführung), sobald man eine sorgfältige Orientierung sowie eine günstige Anordnung derselben vornimmt. Unvergleichbar günstiger ist auch der Zeitaufwand, der für die

Herstellung der Stereoorthophotos des genannten typischen Waldgebietes notwendig ist.

Die Transformation des Luftbildes in die Zeichnung der Strichkarte bedeutet in solchen Fällen einen merklichen Verlust an Detailinformationen, weil man die reelle vielfältige Gestalt des Waldes und anderer Vegetationserscheinungen durch eine generalisierte flächenhafte Signatur ersetzt.

Anhand dieser Untersuchungen und anhand der Erfahrungen in der Welt (Kanada, Schweden, Schweiz, Deutschland) scheint es gerechtfertigt danach zu streben, dass man mittel- und grossmassstäbliche kartographische Unterlagen bergiger Waldgebiete in Form von Orthophotos (Stereoorthophotos) herstellt (schwarzweiss oder Farbinfrarot). Wegen der radialen Bildversetzungen der Objekte über dem Gelände sollte man – je nach Bedarf – zentrale Teile des Bildes bevorzugen.

Die Anschaffungskosten für moderne Differentialentzerrungssysteme sollten hierbei kein Hinderungsgrund sein, da man diese Systeme heutzutage auch im überregionalen und sogar im übernationalen Rahmen einsetzen kann.

Literatur

- [1] Blachut, T.: Mapping and photointerpretation system based on stereoorthophotos, Ottawa 1971.
- [2] Ducher, G.: Essais de Stéréo-Orthophotographie à l'IGN et Perspectives Spatiales, Internationales Archiv für Photogrammetrie; Vol. XXIII, Teil B 4, Hamburg 1980.
- [3] Finsterwalder, R.: Zur Höhenmessung mit Stereoorthophotos, Bildmessung und Luftbildwesen Karlsruhe 4-1981.
- [4] Grabmeiner, K.: Production of proper stereo-orthophotographs, ITC Journal 2-1983.
- [5] Kraus, K.: Moderne Orthophototechnik, Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik, 4-1979.
- [6] Kraus, K.; Vozikis, E.: Stereoskopie thematischer Informationen, Kartographische Nachrichten, Bonn-Bad Godesberg, 1983.
- [7] Rüsch, W.: Der Orthophotoplan als neues technisches Hilfsmittel im Forstwesen, Schweizerische Zeitschrift f. Forstwesen 10-1980.
- [8] Tomašegović, Z.: Multidisciplinarno korišćenje radova prigodom fotogrametrijske izvedbe osnovne državne karte, Treće jugoslavensko savetovanje o fotogrametriji, Zbornik radova, treća knjiga, Struga 1977. (Multidisziplinäre Auswertung der Luftbilder anlässlich der Grundkartenherstellung).
- [9] Visser, J.; et alii: Orthophotos production and application; ITC Journal (special issue), Enschede 4-1980.

Adresse des Verfassers:

o. Prof. Dr. Ing.-Ing. Zdenko Tomašegović
Lehrstuhl f. Geodäsie u. forstliche Photogrammetrie; Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität Zagreb, 41000 Zagreb, Simunska 25, Jugoslawien.