

14. KONGRESS DER INTERNATIONALEN GESELLSCHAFT
FÜR PHOTOGRAMMETRIE
HAMBURG 1980

Kommission V.
Arbeitsgruppe 5.

Eine besondere photogrammetrische Aufgabe

/Freiwilliger Fachbeitrag/

Dr.L.Homoródi
TU. Budapest

Die Verkehrspolizei hat mit ihrem Traffipax Photoapparat ein Fahrzeug aufgenommen, das sich mit 80 km/h Geschwindigkeit einem Verkehrszeichen näherte, welches eine Geschwindigkeitbeschränkung auf 60 km/h anzeigte. Im Verlauf des Verfahrens wegen des Verwaltungsdeliktes musste geklärt werden, ob die zwischen den vorderen Rädern und dem Verkehrszeichen liegende Entfernung für eine Reduzierung der Geschwindigkeit um 20 km/h ausgereicht hätte. Die Aufgabe stellt sich in photogrammetrischer Sicht als Bestimmung des Tiefenunterschiedes aufgrund eines einzigen Bildes. Zur Lösung der Aufgabe konnte man die Leitplanken heranziehen, die voneinander 50 m entfernt sind. Man verwendete 3 Methoden: 1. zu den Leitplanken und Verkehrszeichen, bzw. zu den Punkten an denen die Räder die Fahrbahn berühren, gehören Projektionsstrahlen zwischen denen ein Doppelverhältnis besteht; 2. es wurde die kollineare Beziehung zwischen Bildebene und Fahrbahnebene benutzt; 3. es werden die geometrischen Zusammenhänge benutzt, die aus den Höhenwinkeln, welche zwischen den Projektionsstrahlen liegen, ableitbar sind. Der Beitrag fasst den Rechnungsgang der Methoden und ihre Ergebnisse zusammen.

Auf den ungarischen Verkehrsstrassen wird das Einhalten der Vorschriften über die zulässige Geschwindigkeit durch die Verkehrspolizei mit Hilfe des elektronischen Geräts Traffipax überwacht. Die in das Polizeifahrzeug eingebaute Kamera photographiert den vorbeifahrenden Kraftwagen, wobei Registriernummer, Aufnahmezeitpunkt und augenblickliche Geschwindigkeit des Wagens festgehalten werden.

Im beschriebenen Falle wurde durch die Traffipax-Aufnahme ein Kraftwagen erfasst, der auf einer Strecke mit 80 km/h Geschwindigkeit fuhr, wo nach der Verkehrstafel an der Strasse die zulässige Geschwindigkeit 60 km/h beträgt. Gegen die wegen Geschwindigkeits-überschreitung auferlegte Strafe wurde von dem Fahrer damit Berufung eingelegt, dass er auf dem Photo gut sichtbar sei, dass sich der Wagen noch vor dem Geschwindigkeitssignal befand. Die Sache kam vor Bericht, und es sollte aus dem Photo den Abstand zwischen dem Vorderrad des Kraftwagens und der Verkehrstafel festzustellen, um zu entscheiden, ob diese Entfernung für eine Geschwindigkeitsverminderung um 20 km/h genügt hätte.

Die Aufnahme wurde mit einer Robotkamera gemacht, Bildgrösse 24 x 36 mm. Bei der Aufnahme war das Objektiv auf eine Objektweite von 20 m eingestellt, der eine Kamerakonstante $/c/$ von 75,28 mm entspricht. Nach verkehrspolizeilicher Mitteilung war die Kameraachse um etwa 5° nach oben gerichtet. Die Höhe des Objektivs über den Strassen-niveau betrug 1,12 m. Die Aufnahme selbst ist schematisch in Abb. 1. /siehe Seite 6./ dargestellt. 1,2,3,4 und 5 bezeichnen die optischen Führungssäulen die Strasse entlang, die auf beiden Strassenseiten einander gegenüber in Abständen von 50 m angeordnet sind. Dabei bedeuten O den Ort der Geschwindigkeitsbegrenzungstafel 60 km/h, A und B des Vorder- bzw. Hinterrades des Wagens. Um die Orte der

angeführten Punkte im Bilde zu bestimmen, wurden - unter Anwendung der Originalbilder - mit Hilfe eines Stecometers ihre Bildkoordinaten in dem anhand der Bildränder aufgenommenen lokalen Koordinatensystem gemessen.

Bekannte Angaben sind die Entfernung $l_2 = 23 = 45 = /50 \text{ m/}$ und der Achsenabstand des Wagens $/2,66 \text{ m/}$. Letztere Abmessung wurde bei den Berechnungen nur für die Kontrolle benutzt, die Berechnungen, die der Zuverlässigkeit halber in mehrerer Varianten durchgeführt wurden, basierten auf dem Abstand zwischen den optischen Führungssäulen. In dieser Hinsicht wurde übrigens gewünscht, dass die als Grundlage für die Entscheidung dienende Angabe innerhalb eines Meters gut seinsoll.

Die durchgeführte Varianten sind:

1. Das Doppelverhältniss zwischen bestimmten Bild- und Terrainpunkte, bzw. zwischen die entsprechend Strahlen;
2. Die kollineare Beziehung zwischen den Punkten der Bildebene und der Strassen fläche;
3. Eine einfache trigonometrische Beziehung zwischen bestimmter Strahlen.

1. Durch einfache Betrachtung des Bildes konnte festgestellt werden, und es wurde durch die Bildkoordinaten bestätigt, dass die Geradestrecken 14 und 25 annähernd parallel sind. Daher meinten wir dadurch keinen wesentlichen Fehler zu begehen, wenn die Punkte A und B mit einer zur Geraden 14 parallelen Geraden auf die durch die Punkte 0,1,2,3 gebildete Gerade projiziert wird. Auch die projizierten Bildpunkte sind in Abb. 1. durch die Buchstaben A und B bezeichnet.

Nach den obigen Überlegungen bilden die Punkte am rechten Strassenrand und die entsprechenden Bildpunkte eine projektive Punktreihe, folglich lässt sich nach Abb. 2. die Gleichheit der Doppelverhältnisse

$$\frac{31}{21} : \frac{3X}{2X} = \frac{y_3 - y_1}{y_2 - y_1} : \frac{y_3 - y_x}{y_2 - y_x}$$

anschreiben. Dabei bedeutet X den Punkt O, A oder B je nachdem ob y_x die Koordinaten y_O , y_A oder y_B bedeutet. Damit erhält man die gesuchte Entfernung

$$t_{OA} = 6,82 \text{ m}$$

und der Achsenabstand des Wagens den 2,66 m gegenüber zu

$$t_{AB} = 2,34 \text{ m.}$$

2. Obwohl die bisher behandelte Lösung zweifellos auf der Hand liegt, hat sie den Nachteil, dass die Berührungspunkte der Wagenräder und der Strasse von der Punktreihe 1,2,3 entfernt sind, und sich die Richtigkeit der Projektion mit Hilfe von parallelen Geraden bzw. die Benutzung der so erhaltenen Punkte beanstanden lassen. Als zweite Lösung wurde daher die kollineare Beziehung zwischen den Punkten der Bildebene und der Strassenoberfläche herangezogen.

Von den bekannten Formeln für Beziehung zwischen die Koordinaten der Bildpunkte und Terrainpunkte könnten wir nur diejenige für Y benützen, denn die X Werte /Entfernungen zwischen die gegenüberstehenden Führungssäulen/ am Gelände nicht gemessen waren:

$$Y = Z \frac{a_{21}x' + a_{22}y' + a_{23}}{a_{31}x' + a_{32}y' + 1}$$

mit $Z = 100 \text{ m}$, ferner $x' = x/c$ und $y' = y/c$.

So hatten wir 5 Gleichungen für die Bestimmung von 5 Koeffizienten, und nach Bestimmung dieser bekam wir für die Entfernung zwischen Geschwindigkeitssignal und der Vorderrad des Autos

$$t_{OA} = 8,11 \text{ m}$$

und für dem Radabstand statt 2,66 m

$$t_{AB} = 2,77 \text{ m.}$$

3. Wegen des Umstandes, dass die Führungssäule 3 wegen des unklaren Hintergrundes im Bilde schlecht zu sehen,

und ihr Gegenstück auf der linken Bildseite gar nicht zu erkennen ist, wurde die Frage aufgeworfen, was zu tun wäre, wenn in der Punktreihe nur eine einzige Entfernung bekannt wäre, der objektseitige /strassenseitige/ Teil der Doppelbeziehung nicht angeschrieben werden könnten.

Um diese Frage zu beantworten und die Widersprüche zwischen die Ergebnisse der 1. und 2. Lösung zu analysieren, entstand unsere dritte Lösung.

Die Grundlage dazu sind die Tangentenwerte der Höhenwinkeln der Projektionsstrahlen, die zwei verschiedene Wege ausgedrückt werden konnten:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2 = m \left(\frac{1}{Y_1} - \frac{1}{Y_2} \right) = \frac{1}{c} (z_1 - z_2)$$

d.H.:

$$\frac{\Delta Y}{Y_1 (Y_1 + \Delta Y)} \cdot m = \frac{1}{c} \Delta z_{12}$$

mit $Y = 50 \text{ m}$.

Nach Ermittlung der Y_1 , wird ΔY bzw. Δz nacheinander durch t_{10} , t_{1A} , t_{1B} bzw. Δz_{10} , Δz_{1A} , Δz_{1B} ersetzt und so bekommen wir ein ziemlich einfache Formel für die gesuchte Entfernungen. Da diese Grundformel sich auf senkrechte Bildebene beziehen, vor der Rechnung wurden die Bildkoordinaten wegen Bildneigung reduziert. So sind wir zur folgende Ergebnisse gekommen:

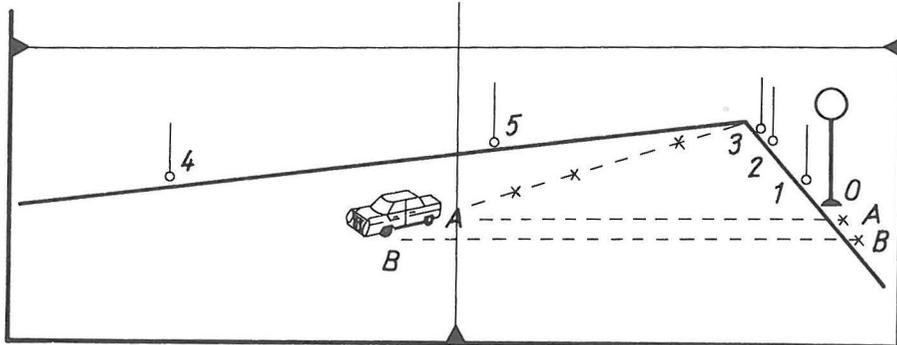
$$T_{0A} = 7,66 \text{ m}$$

$$t_{AB} = 2,56 \text{ m.}$$

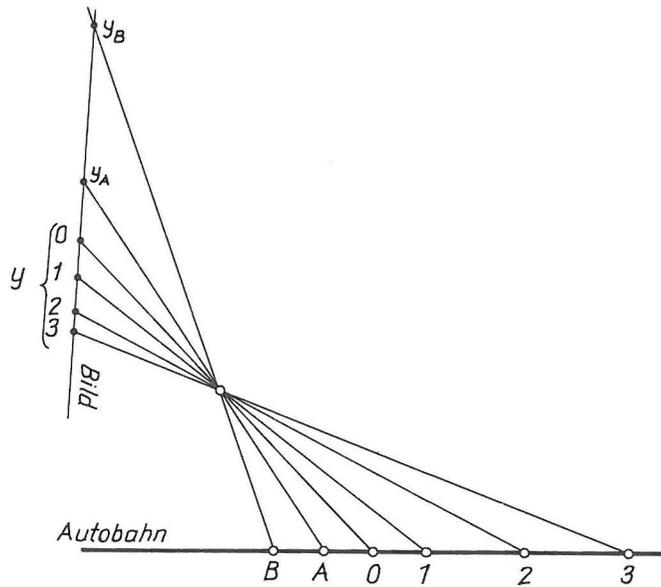
Am Ende haben wir von den drei Ergebnissen ein Mittelwert gerechnet wozu wir als Gewichte die Reziprokwerte der Differenzen zwischen der gegebene und berechnete Achsenabstand benutzten. So war unsere Endergebniss

$$t_{OA} = 7,20 \text{ m}$$

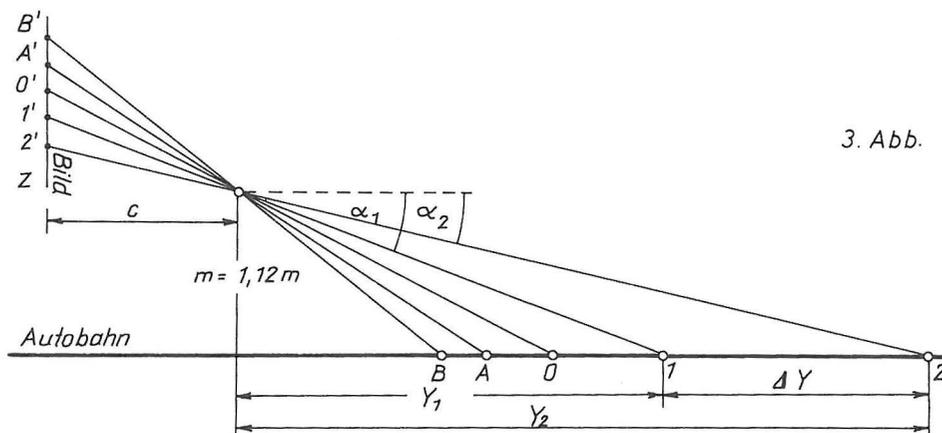
deren Mittlerefehler zu $\pm 0,3 \text{ m}$ angesetzt werden kann.



1. Abb.



2. Abb.



3. Abb.