

Paper-ID: VGI_196916



Der Distomat DI 10 der Fa. Wild/Heerbrugg

Josef Mitter ¹

¹ *B. A. für Eich- u. Verm., 1080 Wien, Friedrich-Schmidtplatz 3*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **57** (5), S. 145–154

1969

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Mitter_VGI_196916,  
Title = {Der Distomat DI 10 der Fa. Wild/Heerbrugg},  
Author = {Mitter, Josef},  
Journal = {{\0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen},  
Pages = {145--154},  
Number = {5},  
Year = {1969},  
Volume = {57}  
}
```



ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Herausgegeben vom
ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ

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

REDAKTION :

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

Nr. 5

Baden bei Wien, Ende Oktober 1969

57. Jg.

Der Distomat DI 10 der Fa. Wild/Heerbrugg

Von *Josef Mitter*, Wien

(Veröffentlichung des Bundesministeriums für Eich- und Vermessungswesen)

In diesem Artikel von *Josef Mitter* und in einem im Heft Nr. 6 folgenden von *Josef Zeger*, der als Ergänzung gedacht ist, soll der interessierten Kollegenschaft eine kurze Übersicht über Prinzip und Arbeitsweise des elektrooptischen Kurzstreckendistanzmessers Wild DI 10 sowie über die Ergebnisse der Versuchsmessungen der Triangulierungsabteilung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen gegeben werden, die zugleich über den praktischen Einsatz beim Aufbau von EP-Netzen u. ä. informiert.

Das Jahr 1968 brachte schlagartig und fast gleichzeitig eine Reihe von Modellen elektrooptischer Kurzstreckenmeßgeräte, da es nunmehr gelungen war, alle Lichtquellen-, Modulations-, Phasenmeß- und Anzeige-probleme zu lösen, die dem seit langem gewünschten Bau von einfachen, handlichen, betriebssicheren und billigen Entfernungsmessern für den Nahbereich bis etwa 1000 m entgegenstanden. Diese Modelle sind:

Fa. Zeiss, Oberkochen: *SM 11* mit seiner Weiterentwicklung zum registrierenden elektronischen Tachymeter *Reg Elta 14* (Reichweite 2000 m);

Fa. Conti Elektro/Askania, Westberlin: *Adisto S 2000*, nur mit den Askania-Theodoliten bzw. -Tachymetertheodoliten Ts/Tu bzw. Tts/Tt zusammen verwendbar (Reichweite 2000 m);

Fa. Jenoptik Jena GmbH: *EOK 2000*, durch Steckzapfen-Zwangszentrierung gegen Theodolit austauschbar (Reichweite 2000 m);

Fa. Wild, Heerbrugg: *Distomat DI 10*, Zielkopf in zwei Ausbildungen mit dem Theodolit T 2 verbindbar bzw. mit Wippe-Untersatz auch getrennt (zwangszentrierbar) verwendbar (ursprünglich wurde auch ein nur zwangszentrierbares Zielgerät produziert; Reichweite 1000 m);

Fa. AGA, Stockholm/Lidingö: *Geodimeter 7 T*, mit Tachymeter kombiniert (Reichweite 500 m);

Tellurometer Inc., London: *Tellurometer Ma 100* (Reichweite 2000 m).

Ferner wären hier noch das *Mekometer II* (1965, Reichweite 1500 m) und das *Modell III* (1968, Reichweite 3000 m), die im National Physical Laboratory/Teddington als Präzisionsdistanzmesser höchster Genauigkeit, mit mittelbarer Abstimmung der zur Modulation des Lichtträgers verwendeten Mikrofrequenz auf die herrschenden äußeren (meteorologischen) Verhältnisse mit Hilfe eines Hohlraumresonators entwickelt wurden, zu erwähnen. (Die kommende Serienfertigung ist noch nicht geregelt.)

Die wesentlichen und einheitlichen Neuerungen an den Geräten sind die folgenden:

Mit Ausnahme des AGA-Gerätes und der Mekometertypen haben alle Geräte als Lichtquelle die im Infrarotbereich abstrahlende Galliumarsenid-Lumineszenzdiode, ein Halbleiter- oder Injektionslaser, dessen Emission direkt modulierbar ist. Dies wird dadurch möglich, daß die emittierte Strahlung dem Anregungs- (Injektions-)Strom fast proportional ist und dieser Anregungsstrom in seiner *Stärke* moduliert wird. Die Frequenzen des Trägers liegen im Bereich 0,9 bis etwa 1,0 μm , also im nahen (unsichtbaren) Infrarot.

Das AGA-Gerät verwendet die bei den normalen Ausführungen der Geodimeter typen 4 und 6 benutzte Projektionslampe, als Modulator dient eine Kerrzelle, beim Mekometer werden eine Xenon-(Gasentladungs-)Blitzlampe als Lichtquelle und ein ADP-Kristall (Ammoniumhydrogenphosphat-) als indirekter Modulator benützt.

Die benützten Modulationsfrequenzen liegen (nach der obigen Reihenfolge der Geräte) bei 15, 7,5, 30, 15, 15, 75 und 500 MHz. Die zugehörigen Maßstabs-(halb-)wellenlängen $\lambda/2$ liegen bei 10, 20, 5, 10, 10, 2 und 0,30 m. Die damit theoretisch nach der Faustformel (siehe [5, S. 524])

$$m_R = \pm \frac{\lambda}{3000}$$

bei einmaliger Messung erzielbaren Phasen- oder Reststückmeßgenauigkeiten betragen zwischen $\pm 0,013$ und $\pm 0,0001$ m.

In der Phasenmessung wurden teilweise neue Elemente: Resolver benutzt, ebenso der Ablauf teilweise gleichzeitig automatisiert, daneben aber auch mehrfach die visuelle Nullsteuerung beibehalten.

Der kritische Punkt der einfachen Bestimmung von $N\lambda/2$, also der groben Streckenlänge, zu der als Feinmessung das Reststück kommt, wird teilweise stufenweise in der konventionellen Form gelöst, teilweise bereits automatisch durchgeführt und ohne jede Nebenablesung und Zwischenrechnung geschlossen mit dem Reststück zur digitalen Anzeige gebracht. Speziell der Distomat DI 10 löst die Phasenmessung inklusive der Bestimmung der Gesamtstrecke geschlossen und automatisch, auch bei Zeiss SM 11 bzw. Reg Elta 14 liegt eine ähnliche geschlossene Lösung vor.

Von den oben aufgezeigten Geräten, die z. B. in [1] übersichtlich dargestellt und miteinander verglichen sind, ist bisher nur der Distomat DI 10 von Wild in Serienfertigung gegangen und frei auf dem Markt.

Obleich bereits mehrere Veröffentlichungen über das Prinzip und die Arbeitsweise des DI 10 existieren [1] [2] [3], sollen diese noch einmal kurz skizziert werden um verschiedene Erfahrungen während der Testmessungen verständlicher zu machen.

Das Ziel bei der Entwicklung des Distomat DI 10 war ein Gerät zu schaffen, das automatisch die Schrägdistanz bis 1000 m eindeutig mißt und numerisch mit Zentimetergenauigkeit anzeigt. Die Messung muß bei Tageslicht und möglichst ohne Störung durch das Umfeldlicht und die Luftunruhe ausführbar sein. Das Gerät muß in einfacher Form mit einem Theodolit kombiniert oder zwangszentriert ausgetauscht werden können um sowohl einfach tachymetrisch als auch großräumig polar bzw. polygonometrisch arbeiten zu können. Die notwendigen Prismenreflektoren sind so zu konstruieren, daß ihre Kombination je nach Streckenlänge (bzw. momentaner Reichweite) mit einfachen Handgriffen möglich ist und auch kürzeste Distanzen ohne zusätzliche optische Elemente (Keile zur Verbreiterung des rückgestrahlten Lichtkegels bei doppeläugigen Sende- und Empfangssystemen) sofort gemessen werden können. Die Reflektorsysteme sind mit Signalen für scharfe Richtungs- und Zenitdistanzbeobachtungen zu versehen.

Diese Forderungen sind, wie vorausschickend zu bemerken ist, in ihrer Gesamtheit voll erfüllt worden.

Das Gerät verwendet, wie schon oben erwähnt, als „Lichtquelle“ eine Galliumarsenid-Diode mit der Trägerwellenlänge $\lambda_T = 0,875 \mu\text{m}$. Die Strahlung ist zum Unterschied von der von Festkörper- oder Gaslasern inkohärent und als fast monochromatisch anzusprechen. Sie liegt in einem günstigen Fenster des Infrarotspektrums, in dem eine Absorption durch Wasserdampf erst bei hohen Temperaturen *und* hohem Dampfdruck wirksam wird. Die Wellenlänge ist sonst gegen Streuung an normalem Aerosol (normaler Dunst) fast immun, nicht aber gegen Nebel (siehe später). Die Intensitätsmodulation der Strahlung erfolgt direkt durch die entsprechende sinusförmige Änderung des Erregerstromes. Das empfangene Reflexionssignal wird von einer Silizium-Photodiode in ein elektrisches Signal umgewandelt und dem Phasendetektor zum Phasenvergleich zugeführt. Abstrahlung und Empfang der Lichtsignale erfolgen über nebeneinander angeordnete, identische optische Systeme, die im sogenannten Zielkopf zusammen mit Lichtquelle und Photozelle untergebracht sind, der eine in sich geschlossene, separat zu verwendende Einheit darstellt.

Das Streckenmeßprinzip ist so ausgebildet, daß innerhalb von 1000 m die (numerische) Anzeige eindeutig ist. Wie bekannt, setzt die Eindeutigkeit entweder eine einzige Meß- oder Modulationsfrequenz voraus, deren Wellenlänge λ gleich dem doppelten Meßweg $2s = 2000 \text{ m}$ ist oder das Messen mit zwei oder drei festen Frequenzen für die die Beziehung

$$N_1 \lambda_1 / 2 + R_1 = \overbrace{(N_1 + a)}^{N_2} \lambda_2 / 2 + R_2 = \overbrace{(N_1 + b)}^{N_3} \lambda_3 / 2 + R_3 = s$$

$R_1, R_2, R_3 \dots$ Phasenreststücke

gilt, wobei $a = s'/s_{012}$ bzw. $b = s'/s_{013}$ und $s_{012} = \lambda_1 \lambda_2 / (\lambda_1 - \lambda_2)$ bzw. $s_{013} = \lambda_1 \lambda_3 / (\lambda_1 - \lambda_3)$ ist : $\lambda_1 > \lambda_2, \lambda_3$; s' ... genäherter Wert für s und bereits bekannt. Eine dritte Möglichkeit besteht in der kontinuierlichen Frequenzvariation, für die die Beziehung

$$N_1 \lambda_1 / 2 = (N_1 + 1) \lambda_2 / 2 = (N_1 + 2) \lambda_3 / 2 = \dots = (N_1 + n) \lambda_{n+1} / 2 = s$$

gilt, wobei $2s$ immer ein ganzes Vielfaches der Wellenlängen λ ist ($R_1 \dots R_n + 1 = 0$). Wie sofort einzusehen, eignen sich nur das erste und das dritte Verfahren für eine automatische numerische Berechnung der gemessenen Distanzen. Die beim ersten Verfahren zu verwendende Wellenlänge ergibt aber in der Phasenmessung nicht die erwünschte Genauigkeit, denn nach der Faustformel für $m_R = f(\lambda)$ (siehe oben) ist die maximal erreichbare Phasenreststückgenauigkeit $m_R = \pm 0,67$ m.

Das dritte Verfahren der laufenden Frequenzvariation wurde nun beim Distomat DI 10 in einer modifizierten Form angewandt und durch entsprechende Zusätze absolut maßstabssicher und automatisch anzeigend ausgebildet.

Als Meßfrequenz f_M wurden 14,98540 MHz gewählt, da dieser Frequenz bei einem angenommenen mittleren Gruppenbrechungsindex der Luft für $\lambda_T = 0,875 \mu\text{m}$ von 1,000282, das entspricht einer Lufttemperatur von $+12^\circ \text{C}$ bei 760 mm Hg Luftdruck, eine Wellenlänge $\lambda_M = 20$ m zukommt. Das abgewandelte Frequenzvariationsprinzip beruht nun darauf, daß nur ein Frequenzbereich $f_N - f_M$, $f_N = 0,9$, f_M zur Bestimmung von N in

$$s = N\lambda_M/2 + R$$

benützt wird: $f_N = 13,48686$ MHz. Zwischen den Distanzgleichungen für die Wellenlängen λ_M und λ_N ($\lambda_N < \lambda_M$) besteht die folgende Beziehung:

$$s = N_N \lambda_N + \varphi_N \lambda_N / 2\pi = N_M \lambda_M + \varphi_M \lambda_M / 2\pi; \quad \varphi \lambda / 2\pi = R. \quad \dots (1)$$

Daraus ergibt sich

$$\lambda_N (N_N + \varphi_N / 2\pi) = \lambda_M (N_M + \varphi_M / 2\pi), \quad \dots (2)$$

woraus wegen

$$\lambda_M = 0,9\lambda_N \quad (f_N = 0,9f_M), \quad \dots (3)$$

$$(N_N + \varphi_N / 2\pi) = 0,9 (N_M + \varphi_M / 2\pi) \quad \dots (4)$$

folgt. Daraus ergibt sich endlich

$$N_N = 0,9 N_M \text{ und } \varphi_N = 0,9 \varphi_M. \quad \dots (5a, b)$$

Die Gleichungen (5a, b) bestimmen den Ablaufvorgang: Mit der ersten Messung mit f_N liegt der Phasenwinkel φ_N bzw. das Reststück $R_N = \varphi_N \lambda_N / 2\pi$ fest. Daraus errechnet sich der Phasensollwert φ_M für f_M mit $10 \varphi_N / 9$, der nun beim „Hochfahren“ der Frequenz von f_N auf f_M als Endwert angesteuert wird. Dabei muß gleichzeitig N_N in N_M übergeführt werden. Hierbei gilt nach (5a): $N_M - N_N = \Delta N = 0,1 N_M$ oder $10 \Delta N = N_M$. Da $N_M = 10$ (wegen $\lambda_M / 2 = 10$ m) einer Distanz von 100 m entspricht, ist die Anzahl ΔN gleich der Anzahl der vollen 100 m-Abschnitte in der zu messenden Entfernung. Sie werden dadurch abgezählt, daß beim Frequenzhochlaufen jeder Einheit von ΔN ein voller Phasenwinkel 2π (bzw. längenmäßig der Wert $\lambda/2$) entspricht: $\varphi_N + 2\pi$, $\varphi_N^I + 2 \cdot 2\pi$, ... $\varphi_N^{VIII} + 9 \cdot 2\pi$. Diese vollen Rotationen werden solange gezählt bis bei f_M das Phasenreststück

$$n \cdot 2\pi/10 + \varphi_M = n \cdot 2\pi/10 + 10\varphi_N/9 \quad \dots (6)$$

erreicht ist. Die Gesamtstrecke s ist dann gegeben mit

$$s = (\Delta N \cdot 100 \text{ m} + n \cdot \lambda_M/2 + R_M). \quad \dots (7)$$

Um die beim Frequenzvariationsverfahren immer heikle Frequenzgenauigkeit zu gewährleisten, werden die Ausgangs- und Endfrequenz des variablen Hochfrequenz-

generators: f_N bzw. f_M mit je einem Quarz entsprechender Frequenz verglichen bzw. synchronisiert.

Die automatische Phasenmessung, die zugleich mit einer Mittelbildung über ein entsprechendes Zeitintervall verbunden ist um äußere Flimmer- und innere Rausch- effekte, die zu Phasenschwankungen führen, zu eliminieren, geht nach dem folgenden Prinzip vor sich.

In einer Mischstufe werden sowohl das Bezugssignal als auch das empfangene Signal (Modulationsfrequenz $f_M \sim 15$ MHz) mit einer Hilfsfrequenz so additiv gemischt, daß eine Differenzfrequenz von 2,4 kHz entsteht, wobei die Phasendifferenz der beiden Signale (= Phasenreststück) in Form ihrer Phasenstellungen unverändert erhalten bleibt. Zur automatischen Ausmessung und gleichzeitigen Anzeige des Phasenreststückes bzw. des metrischen Gesamtwertes der Strecke dient eine Nachlaufservogruppe, die aus einem sogenannten Resolver, einem Phasendetektor und einem Gleichstrommeßmotor besteht. Ein Resolver — der Ausdruck steht seit neuestem für ein Induktions-Goniometer hoher Genauigkeit — setzt sich aus dem festen Stator- und dem aus zwei senkrecht zueinander angeordneten Wicklungen (Spulen) bestehenden, drehbaren Rotorteil zusammen. Dem Stator des Resolvers wird nun die im Gerät anliegende 2,4 kHz-Wechselspannung (das Bezugssignal) zugeführt und erzeugt dort synchron ein magnetisches Wechselfeld, das in den Rotorwicklungen wieder synchrone Wechselspannungen induziert, deren Amplituden der Anzahl der geschnittenen magnetischen Kraftlinien oder infolge der Winkelstellung des Rotors dem Sinus bzw. Cosinus der Spulenlagen proportional sind. Vektoriell zusammengesetzt ergibt sich daraus eine Wechselspannung, deren Phase genau um den Winkel $\bar{\varphi}$ gegen die Eingangsspannung des Stators verschoben ist, um den der Rotor gegen die Nulllage verdreht ist.

Bei Beginn der Messung liegt der Rotor in der Nulllage und die Phase ($\bar{\varphi} = 0$) seiner Spannung wird in einem Phasendetektor üblicher Bauart mit der anliegenden Phase des reflektierten Signales verglichen. Sind die Phasen der beiden Spannungen verschieden, so wird die resultierende Spannungsdifferenz als Gleichstrom dem Servomotor zugeführt, der den Rotor solange verdreht bis Phasengleichheit zwischen Bezugs- und Meßsignal eintritt. Der Vorgang entspricht im Wesen dem bekannten Nullsteuerungsverfahren, wobei aber hier automatisch die Phase des Bezugssignales in die des reflektierten Signales überführt und dabei, wegen des Ausganges von der Nullstellung des Rotors, am Rotor die Phasendifferenz $\bar{\varphi}$ ($= \varphi$: sie entspricht dem gesuchten Phasenreststück R) eingedreht und damit gemessen wird.

Die optisch-mechanische Umsetzung dieses elektrischen Meßvorganges ist geistvoll einfach gelöst. Die Zählung der vollen Umläufe von 2π ($= \Delta N$), von n und die Bestimmung von R sowie die Ausdrückung der Gesamtstrecke im Metermaß erfolgt während des Hochlaufvorganges in einem geschlossenen, kontinuierlichen Arbeitsgang und ist faktisch mit der Vergleichung der Meßfrequenz f_M abgeschlossen. Da der Rotor das Phasenreststück mißt, wurde auf seine Achse ein Glaskreis aufgesetzt und auf ihm, entsprechend $\lambda_M/2 = 10$ m eine 2 cm-Teilung von 0 bis 9,98 m aufgetragen. Die vollen Umläufe 2π und die Bruchteile $n \cdot 2\pi/10$ entsprechen $10\lambda_M$ bzw. $n\lambda_M$ ($n \leq 9$). Sie werden mittels eines zweiten Glaskreises, der die sogenannte Grobteilung trägt und vom Rotor mit dem Untersetzungsverhältnis 10:1 angetrieben wird, in metrische Werte: Zehnermeterskala von 00 bis 99 umgesetzt.



Abb. 1, Zielkopf des DI 10 auf dem Theodolit T2 adaptiert, mit Meßteil

Die Anzeigestellen beider Kreise werden durch ein beleuchtetes Projektionssystem zu einer fünfstelligen Zahl zusammenprojiziert, deren Maximalwert 999,99 m: Einschätzung in das 2 cm-Intervall bzw. Anzeige . . . , 98 — . . . , 00 ist.

Von wesentlicher Bedeutung ist, daß nach dem Hochlaufen der Frequenz die Phasenmessung mit λ_M innerhalb von $\lambda_M/2$ automatisch und eindeutig weiter läuft, wenn die Distanz durch Verschieben des Reflektors geändert wird, wodurch sich das Gerät für Absteckungsarbeiten besonders eignet. Wird allerdings das Intervall $\lambda_M/2$, in dem die Ausgangsphasenstellung liegt, verlassen, so wird wegen des Mitlaufens der Grobscheibe, deren Untersetzungsverhältnis

jetzt verfälschend wirkt, die Zehnermeteranzeige unsicher. Wird hier absolute Sicherheit gewünscht, so muß der ganze Meßvorgang wiederholt werden.

Soviel über das Prinzip des Distomat DI 10, dessen elektronische Entwicklung bis zum Meßmotor durch die Fa. SERCEL/Frankreich erfolgte, während die mechanisch-optische Entwicklung inklusive der instrumentellen Ausbildung das Werk der Fa. WILD sind. Im folgenden seien nun das Gerät samt Meßvorgang sowie einige Details und Erfahrungen besprochen.

Die Ausrüstung ist dreiteilig und besteht aus dem *Zielgerät* oder *Zielkopf*, dem *Meßteil* und den *Reflektoren*.

Der *Zielkopf* liegt nunmehr in seiner endgültigen Ausführung vor, die es erlaubt, ihn sowohl auf dem Fernrohr des Theodolit T 2 zur raschen Tachymetrie oder Absteckung zu verwenden als auch, aufgesetzt auf einen Spezialuntersatz, die sogenannte *Wippe*, getrennt allein einzusetzen (Abb. 1 und 2).

Der Zielkopf ist zweiäugig und enthält, wie schon erwähnt, Lichtquelle und Photozelle, deren Bauteile mit dem Meßteil durch zwei getrennte Kabel verbunden sind. An der Wippe ist ein exzentrisches Zielfernrohr angebracht.

Der *Meßteil* (Abb. 1 und 3) enthält alle beschriebenen elektronischen und elektrisch-mechanischen Elemente, die Kontroll- und Anzeigerichtungen sowie die Stromversorgung, eine aufladbare Einschubatterie 12 V/6 A aus 10 Nickelkadmium-Zellen. Es besteht jedoch auch die Anschlußmöglichkeit für einen beliebigen, entsprechenden Akku bzw. über einen Gleichrichter (Netzgerät) an das Netz.

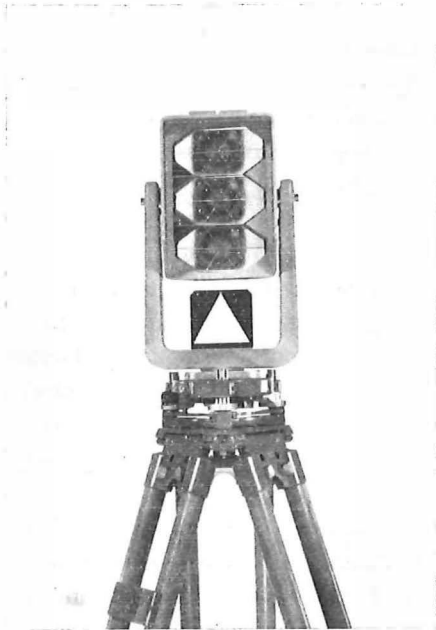


Abb. 2, Zielkopf des DI 10 auf der Wippe montiert



Abb. 3, Meßteil des DI 10

Als *Reflektoren* dienen wieder Rückstrahlprismen, deren Dimensionen und Schnitt aus dem Würfelkörper so gewählt wurden, daß sie der eingangs aufgestellten Forderung, der Ausleuchtung des Empfangssystems aus jeder Entfernung entsprechen. Dies wird dadurch erreicht, daß aus einem entsprechend großen Würfel eine Würfecke von etwa 0,11 m Basisseitenlänge herausgeschnitten und dann parallel und symmetrisch zur Symmetrieebene durch eine Kante, quaderförmig zugeschliffen wird. Der so gewonnene Reflektorkörper von etwa 0,095 m freier Länge und 0,05 m Höhe wird horizontal gefaßt und ergibt mit diesen Abmessungen aus allen Entfernungen ein horizontal genügend verbreitertes, konzentrisches Rückstrahlbild um die Sendeoptik. Die Prismenflächen sind nicht verspiegelt, es wird mit Totalreflexion gearbeitet. Die Prismen werden als Einzelstück (wirksam bis 400 m), als Dreier-Satz, in Halterung kippbar (bis 600 m, Abb. 4) und als doppelter Dreier-Reflektor, symmetrisch aufsetzbar auf die Halterung des einfachen Dreier-Reflektors (mit 9 Prismen bis 1000 m wirksam) erzeugt. Der Einprismenreflektor kann sowohl mit einem Lotstab als auch mit einem Zentriereinsatz(-flansch) für die Wildsche Zwangszentrierung zur Stativaufstellung verwendet werden. Wie Abb. 4 zeigt, ist der Dreier-Reflektor mit einer Zieltafel kombiniert, die für kürzere Zielungen ausreicht. Für größere Distanzen, d. i. bis 1000 m ist auf der Rückwand in Kontrastfarben schwarz und gelb, eine große Zielmarke angebracht. Die Prismenhalterungen sind zur Sicherung im Straßenverkehr, aber auch zum leichten Auffinden im Gelände, mit auffallend kontrastierend orange gestrichen.

Wippe und Reflektoreinheiten sind mit Zentrierflanschen ausgestattet, die ihren Einsatz in den Dreifußunterbau der Zwangszentrierung gestatten.

Im Zielkopf ist zwischen Lichtquelle und Empfangsdiode ein zuschaltbarer, fester, innerer Lichtweg über zwei 45°-Umlenkspiegel, eingebaut. Er dient, ähnlich

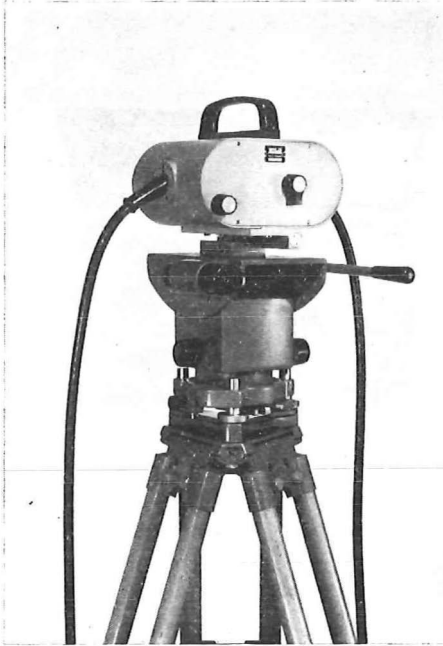


Abb. 4: 3-Prismen-Reflektor

wie bei den Geodimetermodellen 4 und 6, zur Kontrolle der Lage des elektrischen „Nullpunktes“ des Gerätes, auf den sich die *Gerätekonstante* bei der ursprünglichen Bestimmungsmessung bezieht. Die Konstante selbst setzt sich, wie bekannt, aus Exzentrizitäten und elektrischen Verzögerungen (Umwegen) im Gerät sowie aus der Laufzeitdifferenz Glas gegen Luft für den Lichtweg im Reflexionsprisma zusammen. Ist der elektrische Zustand des Gerätes gleich dem bei der ersten Eichmessung, so zeigt der Anzeigeteil nach Schaltung auf Eichung (Calibrierung) die gespeicherte Gerätekonstante. Bei Änderung der Konstante wird der Sollwert über den auch von Hand verdrehbaren Rotor eingestellt. Als zweite Kontrolle wird vor Beginn der Messung noch der sogenannte *Startwert* überprüft, d. i. die Nullstellung der Anzeige, die ebenfalls vom Zustand des Gerätes abhängt und justierbar ist.

Der *Meßvorgang* selbst, dem nach dem optischen und elektrischen Einrichten des Gerätes (Richten auf maximale Empfangsintensität) die beiden eben besprochenen Kontrollen vorangehen, läuft in etwa 15 Sekunden ab. Das angezeigte Ergebnis ist bereits um die Gerätekonstante vermehrt und auf die angenommenen mittleren atmosphärischen Verhältnisse (siehe oben) bezogen.

Zur eventuellen Berücksichtigung der *herrschenden* atmosphärischen Verhältnisse ist folgendes zu sagen. Der gewählte Temperaturwert von $+12^{\circ}\text{C}$ liegt fast für alle jahreszeitlich auftretenden Lufttemperaturen gleich günstig. Da, wie bekannt, der resultierende Distanzfehler aus einem Temperaturfehler von $\pm 1^{\circ}\text{C}$ nach [5, S. 233] gleich ist

$$\Delta s / (\Delta t = \pm 1^{\circ}\text{C}) = \pm 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot s,$$

beträgt der zu erwartende Distanzfehler für die maximale Reichweite des DI 10 von 1000 m erst bei Lufttemperaturen von $+20^{\circ}\text{C}$ bzw. $+22^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ cm}$. Er erreicht somit dann erst jene Genauigkeit, die an sich für das, für rein ingenieurmäßigen Einsatz gedachte Instrument, vorgesehen ist und ist innerhalb des Bereiches $+20^{\circ}\text{C} \leq t \leq +22^{\circ}\text{C}$ immer kleiner als 1 cm.

Anders liegt es allerdings mit dem Druckeinfluß wegen der mittleren Höhenlage des jeweiligen Arbeitsgebietes. In z. B. 1000 m Seehöhe, das entspricht etwa einem Druck von 675 mm Hg, ist nach [5, S. 233] wegen

$$\Delta s / (\Delta p = \pm 1\text{ mm Hg}) = \pm 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot s$$

eine Distanzkorrektur von 3,4 cm an $s = 1000\text{ m}$ anzubringen, d. h. es ist für die jeweilige mittlere Höhe des Arbeitsgebietes der Einfluß des aktuellen Druckes (gegen den angenommenen Standarddruck) zu berücksichtigen, um systematische Maß-

stabsfehler zu vermeiden. Zur Bestimmung der atmosphärischen Korrekturen ist dem Gerät ein Nomogramm beigegeben, in das mit Temperatur, Druck oder Seehöhe eingegangen werden kann und das die Korrektur in cm/km angibt.

Soviel zur Theorie und Praxis des neuen Gerätes, das den ersten vollkommen ausgereiften und universell einsetzbaren, elektronischen Kurzstreckendistanzmesser für polygonale und tachymetrische Zwecke darstellt. Die Kombination mit dem Wildtheodolit T2 stellt praktisch eine kaum überbietbare Lösung des Problems des elektronischen Tachymeters dar. Daß keine Registrierfähigkeit u. ä. vorgesehen wurde, mindert in keiner Weise den durchschlagenden Eindruck des Gerätes, da sich über die Problematik der selbstregistrierenden Tachymeter nach mehreren Gesichtspunkten diskutieren läßt. Im besonderen sind es ihre überhöhen Erzeugungskosten, die, um Amortisation zu erreichen, zu Einsatzformen zwingen, die nur in seltenen Einzelfällen vorliegen. Ihrer „Vollkommenheit“ wird somit in den meisten Fällen Unwirtschaftlichkeit gegenüberstehen, womit sich, zumindest bis jetzt, ihre geringe Durchsetzung erklärt.

Aus dem praktischen Einsatz eines Seriengerätes erster Fassung: Zielgerät DI 10Z *nur allein* verwendbar, das durch das interessierte Entgegenkommen der Fa. Wild, im Rahmen einer Nachmessung eines klassisch-trigonometrisch erstellten EP-Netzes im Raume nordwestlich von Korneuburg feldmäßig eingesetzt und erprobt werden konnte, ergaben sich einige wertvolle Erfahrungen, die im folgenden Bericht von J. Zeger mitgeteilt werden. Ergänzend dazu soll nur zu den dort mitgeteilten Versuchen mit AGA-Reflektoren, da diese heute an vielen Orten bereits vorhanden sind, gesagt werden, daß wegen der verschiedenen Dimensionen der Glaskörper und der verschiedenen Länge der Lichtwege im Glas bzw. verschiedenen Exzentrizitäten, verschiedene Reflektorkonstanten eingesetzt werden müssen. Da vor allem der Lichtweg in den AGA-Reflektoren kürzer ist als in den Wild-Reflektoren, ist die AGA-Konstante kleiner als die Wildsche, d. h. daß, da die letztere in der im Gerät gespeicherten Konstanten bereits enthalten ist, bei Verwendung von AGA-Prismen eine positive Entfernungskorrektur von — experimentell ermittelt — etwa 0,03 m anzubringen ist, die aber sofort durch entsprechende Änderung der Gerätekonstante (siehe oben: Cal-Sperr), bei der Distanzanzeige automatisch berücksichtigt werden kann. Aus den von der Fa. Wild durchgeführten Untersuchungen [6] ergab sich, daß die Wirksamkeit von AGA-Prismen etwa 20% der gleichen Anzahl von Wild-Prismen entspricht, diesen aber gleichkommt, wenn 50''-Keile vorgesetzt werden. Die Reichweite von AGA-Prismen ohne Keile gegen Wild-Prismen zeigt die abschließende Tabelle:

<i>Anzahl der Prismen</i>	<i>Reichweite: AGA</i>	<i>Wild</i>
1	250 m	400 m
3	400 m	600 m
9	700 m	1000 m.

Literatur

[1] Hallermann, L./Zetsche, H.: Elektronische Nahbereichs-Entfernungsmesser — Ein Überblick über den Entwicklungsstand. ZfV, 93 (1968), Heft 11, S. 439—445.

[2] Zeiske, K.: Der neue Infrarot-Distanzmesser Wild Distomat DI 10. Schweiz. Zeitschr. f. Vermessung, Photogramm. u. Kulturtechnik, 66 (1968), Nr. 6, S. 212—216.

[3] *Strasser, G.*: Ein moderner Distanzmesser für kurze Strecken. ZfV, 93 (1968), Heft 9, S. 377–381.

[4] *Strasser, G.*: Der Infrarot-Distanzmesser Wild Distomat DI 10. AVN, 76 (1969), Heft 2, S. 65–72.

[5] *Jordan/Eggert/Kneissl*: Handbuch der Vermessungskunde. 10. Ausgabe, Bd. VI, Stuttgart 1966.

[6] *Fa. WILD/Heerbrugg*, News Letter. Geo. 2/69.

In welchem Maß können affine Transformationen durch die Auswahl der Paßpunkte beeinflusst werden?

Von *Josef Kovarik*, Wien

Liegt eine gewisse Anzahl von Punkten koordinatenmäßig in zwei verschiedenen Systemen vor, dann kann man das eine System bekanntlich rechnerisch in das andere überführen. Sind dabei nur die Verdrehung und der Maßstabsfaktor sowie die beiden Komponenten der Ursprungsverschiebung zu ermitteln, genügen dazu schon 2 gemeinsame Punkte. Sind aber mehr als 2 Punkte in beiden Systemen zu berücksichtigen, dann können die Elemente für eine sogenannte Helmert-Transformation nur solcherart bestimmt werden, daß die Differenzen zwischen den Soll-Werten und den transformierten Größen in ihrer Quadratsumme ein Minimum geben. Untersucht man die Genauigkeit, mit der sodann die nur im Ausgangs-System gegebenen Punkte in das Soll-System übergeführt werden können, dann findet man, daß der Schwerpunkt der gemeinsamen Punkte der Mittelpunkt von Kreisen mit gleicher mittlerer, aus der Transformation folgender Punktlageunsicherheit ist. Ihr kleinster Wert, also das Minimum, tritt im Schwerpunkt selbst auf, der größte an dem davon am weitesten entfernten Gebietsrand.

Die diesbezüglichen Zusammenhänge sind, über die Funktionsgewichte abgeleitet, fallweise mit anderen Fragen gekoppelt, bei mehreren Autoren zu finden¹⁾, siehe [1], [2], [3]. Der Verfasser selbst hat in dieser Zeitschrift ([4]) einen etwas anderen Weg zur Ableitung der betreffenden Formeln beschritten und im Anschluß daran die Bedeutung der Erkenntnis vor allem für die Transformation photogrammetrischer Maschinenkoordinaten in Landeswerte demonstriert.

Hat man jedoch Ursache anzunehmen, daß bei den Einpassungen der Maßstab etwa in zwei aufeinander senkrechten Richtungen unterschiedlich ist, dann wird man mit den Formeln der *affinen* Transformation

$$Y = ay + by + c \text{ und } X = dx + ex + f \quad \dots (1)$$

eine bessere Anpassung an die Soll-Werte der gemeinsamen Punkte erreichen, als mit der maßstabseinheitlichen Helmert-Umrechnung.

Die sechs Unbekannten in den beiden Formeln (1) lassen sich mit Hilfe von drei, beiden Systemen gemeinsamen Punkten bestimmen²⁾. Man kann sich nun auch

¹⁾ Prof. Dr. Ackermann (T. U. Stuttgart) hat dem Verfasser in freundlicher Weise mitgeteilt, daß auch er im Zuge einer Untersuchung zu denselben Ergebnissen gekommen ist, sie aber nicht veröffentlicht hat.

²⁾ Dieser Fall, also ohne Überbestimmung, wird von Lehmann in [3] auch kurz behandelt.