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: 84 (1986)

Heft: 12

Artikel: Distanzmessung nach dem Laufzeitmessverfahren mit geodätischer Genauigkeit

Autor: Grimm, K. / Frank, P. / Giger, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-233115

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: 22.08.2025

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

Distanzmessung nach dem Laufzeitmessverfahren mit geodätischer Genauigkeit

K. Grimm, P. Frank, K. Giger

Im vorliegenden Artikel wird das in den Distanzmessern Distomat™ Wild DI3000 und der reflektorlos messenden Version Distomat™ Wild DIOR3002 angewandte Laufzeitmessverfahren mit geodätischer Genauigkeit detailliert beschrieben.
Das Laufzeitmessverfahren bietet nebst der Möglichkeit der reflektorlosen Messung bei bestimmten Anwendungen noch weitere Vorteile gegenüber der Phasenmessung.

On décrit en détail le procédé de mesure de précision géodésique par temps de parcours d'impulsions tel qu'il est utilisé dans le distancemètre Distomat™ Wild DI3000 et sa version sans reflecteur Distomat™ Wild DIOR3002.
La procédé du temps de parcours offre, outre la possibilité de la mesure sans réflecteur pour des cas spéciaux, également d'autres avantages par rapport à la mesure de phase.

1. Einleitung

Die elektro-optische Distanzmessung ist mit verschiedenen Verfahren möglich.
Distanzmesser der frühen sechziger Jahre arbeiteten mit Kerrzellen-Modulatoren mit sichtbarem Licht, und die Entfernungsmessung basierte auf Frequenzmessungen. Später standen für die Aussendung modulierter Infrarotstrahlen genügend leistungsstarke Ga-As-Luminiszenzdioden zur Verfügung.
Dies ermöglichte Wild Heerbrugg in Zusammenarbeit mit Sercel, anlässlich des Photogrammetriekongresses 1968 in Lausanne, den ersten kompakten Infrarot-Distanzmesser, den Distomat DI10, als Weltneuheit auf dem Markt einzuführen.
Bis anhin war das Phasenmessprinzip das häufigste Messverfahren für Distanzmesser im Vermessungswesen.
Für verschiedene Anwendungen eignet sich das Laufzeitmessverfahren jedoch besser. Wild Heerbrugg hat daher dieses Verfahren weiter entwickelt und mit dem Distomat Wild DI3000 einen Distanzmesser nach dem Laufzeitmessverfahren mit geodätischer Genauigkeit realisiert.
Das Laufzeitmessverfahren findet auch in leistungsstarken, militärischen Distanzmessern Anwendung, weil damit reflektorlos und in kürzester Zeit Distanzen bis zu einigen Kilometern mit m-Genauigkeit bestimmt werden können. Die Mehrzahl dieser Geräte ist jedoch nicht augensicher.
Für die zivile Anwendung ist die max. Ausgangsleistung beschränkt und in den Vorschriften der IEC (International Electrotechnical Commission) reglementiert.
Die im Distomat Wild DI3000 mit einer GaAs-Laser Diode ausgesendete Laser-Strahlung gehört nach IEC der Laserklasse 1 an und ist somit absolut ungefährlich bzw. augensicher.
Auf dem Markt sind verschiedene Produkte zu finden, die Distanzen nach dem Laufzeitmessverfahren bestimmen. Sie wurden vorwiegend für Aufgaben mit dm-Genauigkeit eingesetzt. Mit dem Distomat Wild DI3000 ist es erstmals möglich, mit diesem Messverfahren Distanzen im Genauigkeitsbereich von 3–5mm zu messen.

2. Beschreibung des Distomat Wild DI3000

Der Distomat Wild DI3000 ist ein neues Modul im Wild-Baukastensystem und ist mit allen Wild-Theodoliten kombinierbar. Damit wird jeder optische und elektronische Theodolit zum leistungsstarken Tachymeter.
Der DI3000 weist beeindruckende Leistungsmerkmale auf. Bereits mit einem Prisma können bei normalen atmosphärischen Bedingungen Distanzen bis ca. 6 km gemessen werden, mit 11 Prismen bei sehr guten atm. Bedingungen sogar bis 14 km. Mit dem Schnellmessprogrammen werden Distanzen im ganzen Messbereich in nur 0,8 Sekunden gemessen. Die Messgenauigkeit beträgt ± 3–5 mm + 1ppm (Standardabweichung).
Die Bedienung erfolgt über eine übersichtliche farbcodierte Tastatur mit 14 Tasten. Das Bedienungskonzept ist logisch aufgebaut und ist analog zu den anderen elektronischen Wild-Instrumenten. Über der Tastatur befindet sich die grosse beleuchtbare LCD-Anzeige sowie die Anzeige für die Stärke des Empfangssignales.
Für die Distanzmessung stehen vier Messprogramme zur Verfügung.

Messprogramm	Taste	Messzeit	Standardabweichung
Normal	DIST	3.5s	3–5mm + 1ppm
Schnell	DI	0.8s	5 mm + 1ppm
Repetitiv*	DIL	n x 3.5s	3–5mm + 1ppm
Tracking	TRK	0.8/0.3s	10mm + 1ppm

* Beim repetitiven Messprogramm (DIL) wird das fortlaufende arithmetische Mittel $\bar{x}$ sowie die Anzahl Messungen n und die Standardabweichung der Einzelmessung s angezeigt.

Über die Tastatur können u.a. folgende Werte für weitere Berechnungen eingegeben werden:
Massstabsfaktor (ppm), Druck und Temperatur (p/t), rel. Luftfeuchte (%), Prismenkonstante (mm) und abzusteckende Solldistanz (So).
Horizontaldistanz ◿ und Höhendifferenz ◿ werden nach Eingabe des Vertikalwinkels, kombiniert mit optischem Theodolit via Tastatur, mit elektronischem Theodolit automatisch über die geräteinterne Schnittstelle berechnet.
Bei längeren Visuren (d > 2km) ist der Vertikalwinkel durch die Refraktion beeinflusst. Die genaue Berechnung der Horizontaldistanz ist hier alternativ durch die Eingabe von Stand- und Zielpunkthöhe möglich.
Aufgrund seiner vielen Möglichkeiten ist der DI3000 ein echter Universal-Distanzmesser, der für Vermessungsaufgaben wie Ingenieur- und Katastervermessung, Absteckungsarbeiten, topographische Aufnahmen, Verstärkung und Verdichtung von GPS-Netzen etc. eingesetzt wird. Zudem sind auch Aufgaben wie Messungen zu bewegten Zielen, Off-Shore-Messungen, Steuerung und Positionierung von Maschinen etc. mit dem DI3000 zu lösen.
Der DI3000 ist wie alle anderen elektronischen Geräte von Wild mit der gleichen Schnittstelle ausgestattet.
Aufgesetzt auf einen elektronischen Theodoliten erfolgen Stromversorgung und Bedienung durch den Theodoliten. Der DI3000 kann ebenfalls direkt oder via Theodolit an das Datenterminal Wild GRE3 angeschlossen werden. Gemessene Werte werden automatisch registriert, beliebige Zusatzinformationen können manuell eingegeben werden.
Für verschiedene spezielle Anwendungen, wie z.B. Steuerung und Positionierung von Maschinen, automatisch ausgelöste periodische Messungen zur Überprüfung von Objekten etc. kann der DI3000 auch über ein RS232-Interface direkt an einen Computer angeschlossen werden. Da jedes Gerät individuell adressiert werden kann, können auch verschiedene Geräte vom gleichen Computer gesteuert bzw. Messungen ausgelöst werden.
Die reflektorlos messende Version des DI3000, der Distomat Wild DIOR 3002, ist in Kapitel 5 beschrieben.

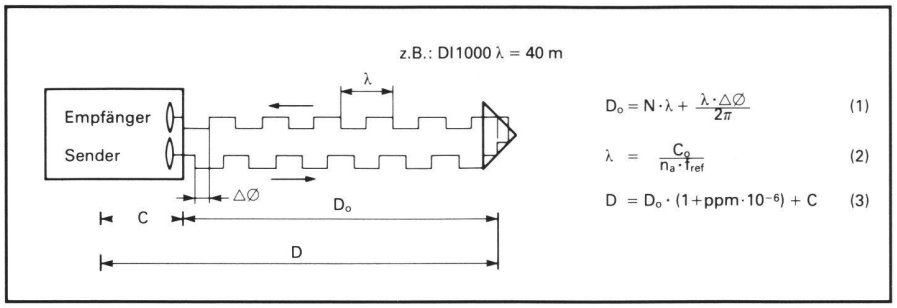


Abb. 1: Phasenmessung.

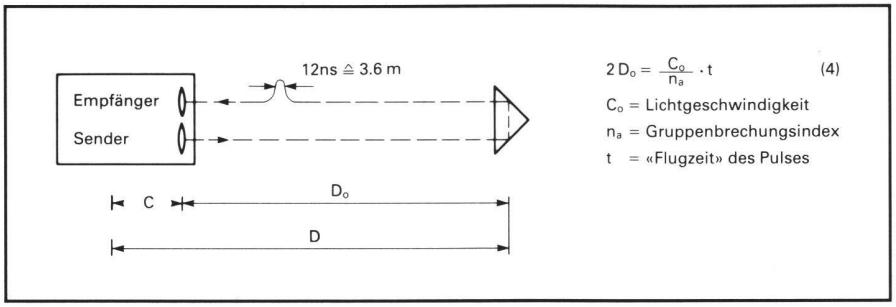


Abb. 2: Laufzeitmessung.

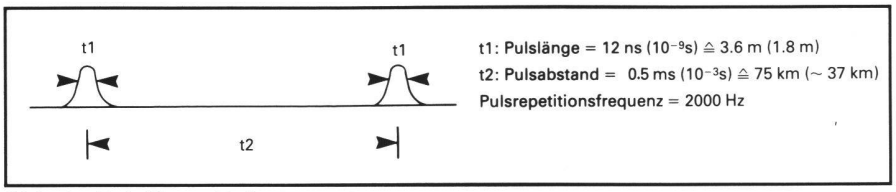


Abb. 3: Pulslänge, Pulsabstand.

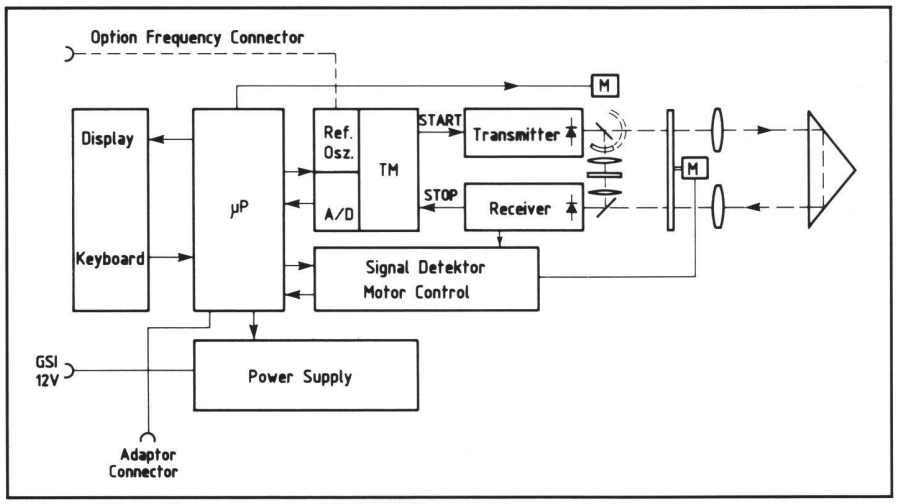


Abb. 4: Blockdiagramm der Elektronik.

3. Messverfahren

3.1. Phasenmessung

Bei einem Distanzmesser mit Phasenmessprinzip wird von einer Strahlungsquelle eine amplituden-modulierte Rechteckwelle ausgesendet und vom Reflektor am Zielpunkt zum Empfänger zurückreflektiert (siehe Abb. 1), wobei zwischen ausgesendeter und empfangener Welle die Phasenverschiebung gemessen wird.

Diese Phasenverschiebung ist ein Mass für die Entfernung. Da die Auflösung des Phasenmessers, bei vertretbarem Aufwand auf etwa 1mm/20m begrenzt ist, muss zur eindeutigen Distanzbestimmung längerer Strecken mit geodätischer Genauigkeit mit mindestens zwei verschiedenen Wellenlängen (Fein- und Grobmassstab) gemessen werden.

Zur Elimination von Phasendrifts der el. Schaltungen und der Dioden wird die Phasenverschiebung abwechslungsweise über eine geräteinterne Eichstrecke und über den externen Messweg bestimmt. Die Distanz wird dann aus der Differenz zwischen externer und interner Messung errechnet, wobei noch eine Additionskonstante zu berücksichtigen ist.

Voraussetzung für eine genaue Distanzmessung ist nebst der Auflösung des Phasenmessers eine exakte Modulationsfrequenz sowie die Kenntnis des Gruppenbrechungsindexes der von der Welle durchlaufenen Atmosphäre und damit der für die Distanzberechnung zugrundeliegenden Lichtgeschwindigkeit.

3.2 Laufzeitmessung

Als Strahlungsquelle dient im Distomat DI3000 eine gepulste GaAs Laserdiode mit der Wellenlänge von 865nm (infrarot). Um einen kurzen Lichtimpuls von einigen Nanosekunden (10^{-9}S) zu erzeugen, muss ein Stromstoss von einigen 10 Ampère in der gleichen Zeit durch die Diode fliessen. Die konstante Ausgangsleistung über den ganzen Temperaturbereich wird durch eine entsprechende Steuerung des Stromstosses gewährleistet.

Die Entfernung kann im Prinzip mit einem einzigen Puls (Einzelschuss) mit cm-Genauigkeit gemessen werden. Die Zeit t, die der ausgesandte Lichtimpuls zum Durchlaufen der Messstrecke (Distomat – Reflektor und zurück) braucht, ist direkt proportional zur Entfernung D_0.

Zur Erhöhung der Messicherheit (geringe Streuung) und zur Erreichung der mm-Genauigkeit muss eine grosse Anzahl von Pulsen ausgewertet werden. Die Pulsrepetitionsfrequenz ist dabei durch die gewünschte Eindeutigkeit des Messsystems begrenzt. Beim DI3000 beträgt die Pulsrepetitionsfrequenz 2000Hz, was einem Pulsabstand von 0.5ms entspricht. In dieser kurzen Zeit bis der nächste Puls ausgesandt wird, kann der Puls max. 75km (≙ 37.5 km Entfernung zum Prisma) zurücklegen. Die Eindeutigkeit des DI3000 beträgt somit mehr als 30 km.

Drifts von elektronischen Schaltungen, Sende- und Empfangsdioden werden wie beim Phasenmesser durch abwechslungsweises Messen über die interne Eichstrecke und den externen Messweg eliminiert. Der Aufbau der Elektronik ist in Abb. 4 schematisch dargestellt.

3.3 Zeitmessschaltung

Voraussetzung für die genaue Distanzmessung nach dem Laufzeitmessverfahren ist wiederum die genaue Kenntnis des Gruppenbrechungsindex bei den entsprechenden atmosphärischen Bedingungen und das Beherrschen der Zeitmessung.

1mm Messdistanz entspricht einer Laufzeit von 6.67ps (10^{-12}; pikosekunden) hin und zurück. Die Laufzeit wird durch den

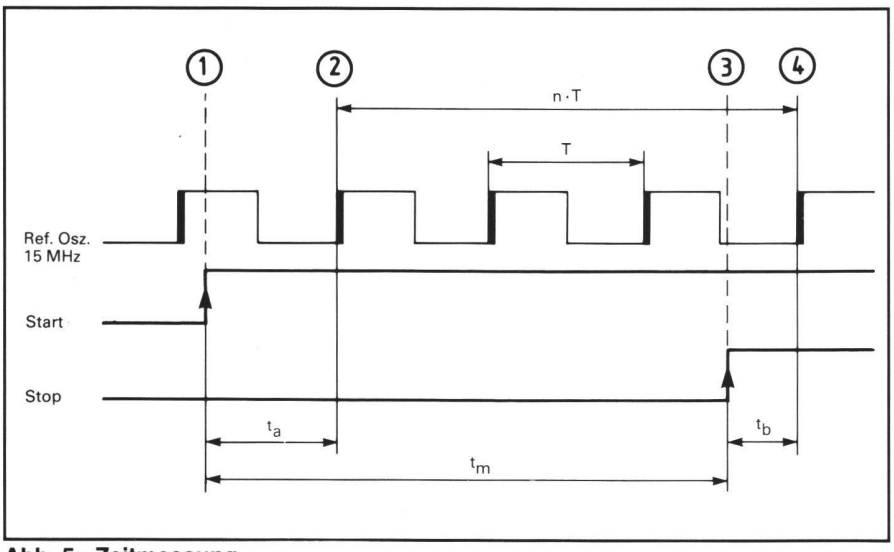


Abb. 5: Zeitmessung.

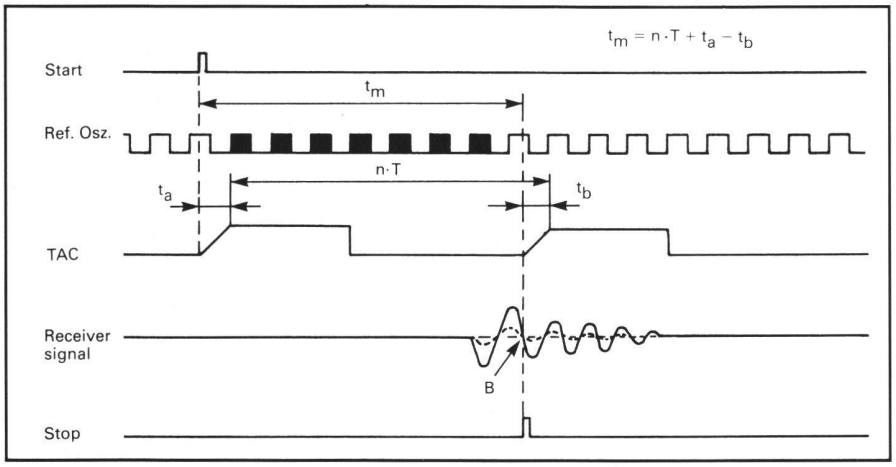


Abb. 6: Messablauf.

Referenzoszillator mit der Taktfrequenz von 15MHz ausgezählt; dies ergibt aber erst eine Auflösung von 10m. Die Restzeit innerhalb einer Periode des Referenz-Oszillators wird mit einem sogenannten Zeit-Spannungswandler gemessen.

Die Messzeit tm nach Abb. 5 ergibt sich dann aus der Anzahl Perioden des Referenzoszillators und den Restzeiten t_a und t_b wie folgt:

$$tm = n \cdot T + t_a - t_b$$

Die Restzeiten ta und tb werden mit dem Zeit-Spannungswandler (TAC) bestimmt. Vom Zeitpunkt 1–2 bzw. 3–4 wird ein Kondensator durch einen konstanten Strom kontinuierlich aufgeladen. Eine Periode T entspricht einer bestimmten Spannung. Die Restzeiten können aus den Spannungsverhältnissen t_a/T und t_b/T errechnet werden. Mit dieser Methode wird eine Auflösung des «Einzelschusses» von einigen Millimetern erreicht. Für jede einzelne Distanzmessung werden je nach Messprogramm hunderte bzw. tausende von Elementarmessungen gemacht. Dies ergibt die gut reproduzierbare Distanz mit mm-Genauigkeit.

Luftturbulenzen, Luftflimmern und andere Einflüsse können starke Schwankungen der Signalamplitude zur Folge haben. Der Empfänger muss deshalb möglichst ohne Laufzeitfehler verschieden starke Empfangssignale verarbeiten können. Dies wird erreicht, indem der empfangene Lichtimpuls einen Schwingkreis anstösst. Mit einem Komperator wird der zweite Nulldurchgang dieser Schwingung dedektiert. Wie aus Abb. 6 ersichtlich ist, bleibt dieser Punkt B unabhängig von der Signalamplitude.

Mit dem im DI3000 angewandten Verfahren ist es deshalb möglich, auch bei ungünstigen Verhältnissen, Distanzen mit einer kleinen Streuung bzw. Standardabweichung der Einzelmessung zu bestimmen.

3.4. Vorteile der Laufzeitmessung und Vergleich Laufzeitmessung/Phasenmessung

1) Messzeit
   Bereits mit einem einzigen Puls (Einzelschuss) kann die Entfernung in wenigen Millisekunden im ganzen Messbereich eindeutig und mit cm-Genauigkeit bestimmt werden. Für mm-Genauigkeit genügen bereits Messzeiten 100ms.
   Beim Phasenmesser muss mit mindestens zwei Frequenzen gemessen werden, um die Distanz ebenfalls im ganzen Messbereich eindeutig zu bestimmen. Der ganze Messablauf (Frequenzumschaltung, zusätzliche Delayzeiten, Rechenzeit etc.) erfordert daher mehr Zeit.
2) Reichweite
   Bei gleicher Optik wird mit dem Laufzeitmessverfahren eine grössere Reichweite erzielt als mit einem Distanzmesser mit Phasenmessung, bzw. zur Erzielung der gleichen Reichweite ist eine kleinere Optik erforderlich. Durch die geschickte Wahl der Optik und mit dem im DI3000 angewandten Auswerte-Verfahren wird auch an der Reichweitengrenze bei ungünstigen atmosphärischen Bedingungen eine geringe Streuung der angezeigten Distanzen erreicht. Die grösste zu erwartende Standardabweichung der Einzelmessung liegt beim Normalmessprogramm bei < 2mm und beim Schnellmessprogramm bei < 5 mm.
3) Systematische Einflüsse
   Die beim Phasenmessen bekannten Probleme wie Mehrfachreflexionen, Übersprechen des Senders in den Empfänger etc. können durch eine entsprechende «Überwachung» der Pulse eliminiert werden. Zu früh eintreffende Pulse bzw. Laufzeiten kleiner als die kürzest mögliche werden für die Distanzberechnung nicht mit einbezogen. Zu spät eintreffende Pulse werden ebenfalls verworfen. Durch diese spezielle Überwachung werden die Einflüsse von Übersprechen, Mehrfachreflektion an gestaffelten Zielen praktisch eliminiert.

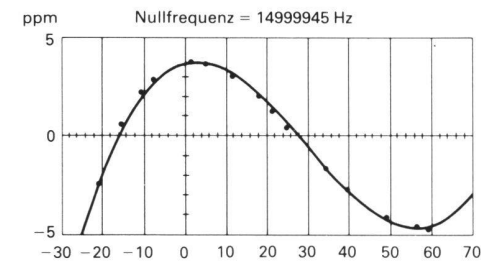
Der «Nachteil» des Laufzeitmessverfahrens liegt im grösseren technischen Aufwand, der zur Erreichung der Spezifikationen für einen Distanzmesser mit geodätischer Genauigkeit notwendig ist.

Das Laufzeitmessverfahren ist daher besonders vorteilhaft in einem Distanzmesser für den Mittel- und Langstreckenbereich sowie für Spezialanwendungen wie zur Messung nach bewegten Objekten mit sehr kurzen Messzeiten oder reflektorlose Distanzmessung.

4. Kalibrierte Quarzfrequenz

Für einen Langstrecken-Distanzmesser ist eine genaue Quarzfrequenz unabdingbar, da sie für die Genauigkeit vor allem langer Distanzen «massgebend» ist. Dies gilt sowohl für das Phasenmessprinzip als auch für die Laufzeitmessung.

Beim Phasenmesser ergibt eine zu kleine bzw. zu grosse Frequenz eine zu lange bzw. zu kurze Distanz (Einfluss auf den



	Temp.	Frequenz	dppm
1	−20.28	14999910	−0.1
2	−14.72	14999954	+0.1
3	−10.02	14999979	+0.1
4	−7.33	14999989	+0.1
5	+1.69	15000003	−0.0
6	+5.05	15000002	−0.0
7	+11.86	14999993	−0.1
8	+18.29	14999977	−0.1
9	+21.65	14999966	−0.1
10	+25.58	14999953	−0.1
11	+34.89	14999921	−0.0
12	+39.97	14999905	+0.0
13	+49.57	14999883	+0.1
14	+56.76	14999876	+0.0
15	+59.16	14999875	−0.1

Abb. 7: Frequenzkurve in Funktion der Temperatur.

Massstab); beim Laufzeitmessverfahren wird die «Flugzeit» des Pulses zu lang bzw. zu kurz gemessen (Einfluss auf die Zeitmessung).
Im Werk wird die Frequenz jedes Quarzoszillators eines DI3000 in Funktion der Temperatur (−30°C bis +60°C) ausgemessen. Aufgrund dieser Messungen wird durch einen Rechner die bestmögliche Eichkurve errechnet.
Im DI3000 wird die aktuelle Quarz-Temperatur permanent gemessen. Die Frequenzkorrektur wird vom Mikroprozessor aufgrund der gespeicherten Parameter berechnet und die «Messung» entsprechend korrigiert. Der mögliche Maximalfehler der so korrigierten Distanz beträgt im erwähnten Temperaturbereich weniger als ±1ppm. Für normale Vermessungsarbeiten reicht diese Genauigkeit völlig aus.
Für Messungen langer Distanzen mit höchster Genauigkeit kann die tatsächliche, aktuelle Frequenz während der Messung von Bedeutung sein.
Auf Wunsch kann daher der DI3000 mit einer Frequenzmessbuchse ausgestattet werden. Über die Frequenzmessbuchse kann die aktuelle Quarzfrequenz (Frequenz zum Zeitpunkt der Messung) gemessen und mit der vom DI3000 gerechneten, temperaturkompensierten Frequenz verglichen werden.
Nachstehendes Beispiel zeigt wie aus einer allfälligen Frequenzdifferenz die Distanzkorrektur errechnet und die gemessene Schrägdistanz korrigiert werden kann.

Beispiel:
- vom DI3000 errechnete Messfrequenz: 15000006 Hz
- aktuelle Messfrequenz an Frequenzmessbuchse 2 14999995 Hz
- Frequenzdifferenz +11 Hz
- Differenz in ppm (11/15) +0.73 ppm
- gemessene Schrägdistanz 12463.242m
- Distanzkorrektur $12463 \times 0.73 \times 10^{-6}$ +0.009m
- frequenzkorrigierte Schrägdistanz 12463.251m

Der für solche Frequenzmessungen verwendete Frequenzzähler muss eine Genauigkeit von mindestens 10^{-8} bzw. 0.1Hz aufweisen und seinerseits periodisch mit einem Frequenznormal kalibriert werden. Nur mit solch genauen Frequenzzählern kann die DI3000-Frequenz genügend genau gemessen und die exakte Distanzkorrektur berechnet werden.
Die Alterung eines Quarzes beträgt im ersten Jahr ca. ±15Hz bzw. ±1ppm. Danach verlangsamt sich die Alterung und die Frequenz bleibt dann praktisch konstant (siehe Abb. 8). Für Messungen höchster Genauigkeit kann die Frequenz in jeder Wild-Werkstätte gemessen und nachgestellt werden oder der Frequenzunterschied wie oben beschreiben gemessen und die Messwerte selbst rechnerisch korrigiert werden.

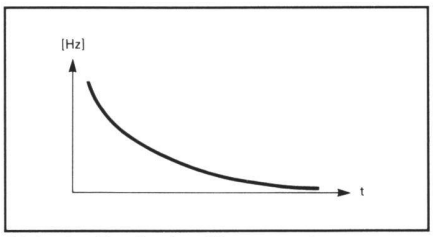


Abb. 8: Typische Alterungskurve.

5. Reflektorlose Distanzmessung

Das Laufzeitmessverfahren ist geradezu prädestiniert für die reflektorlose Distanzmessung, genügt doch im Prinzip bereits ein einzelner Puls, um die Distanz eindeutig mit cm-Genauigkeit zu bestimmen.
Durch das Fehlen eines geeigneten reflektorlos messenden Distanzmessers mit einem attraktiven Preis/Leistungsverhältnis, mussten bisher zahlreiche Vermessungsprobleme mit aufwendigen Messverfahren gelöst werden. Beispiele sind Tunnelprofilmessungen, Aushubbestimmung, Einmessungen unzugänglicher Punkte (z.B. Dachkanten), Füllstandsmessungen in Tanks etc.
Wild Heerbrugg hat daher aus dem DI3000 den Distomat Wild DIOR 3002 (DIOR = Distanzmessung ohne Reflektor) entwickelt. Er kann ebenfalls auf alle Wild Theodolite aufgesetzt werden. Auf den Theodoliten T1, T16 und T1000 können Messungen mit Zielungen bis zum Zenit durchgeführt werden. Der Gewichtsausgleich wird durch ein abnehmbares Gegengewicht erzielt.

Abb. 9: DIOR 3002 mit Laserzusatz und Gegengewicht auf T1000.

Mit dem DIOR 3002 können Distanzen reflektorlos bis ca. 250 m mit 5–10 mm Genauigkeit gemessen werden.
Die Reichweite ist abhängig vom sogenannten Remissionsvermögen des Zieles und der Umfeldhelligkeit. Die Intensität des zurückreflektierten Lichtes hängt ab von der Oberflächenstruktur, der Art des Materials und der Neigung des Zieles zum Instrument. Nasse und dunkle Ziele reflektieren am wenigsten Signal zum Instrument zurück.

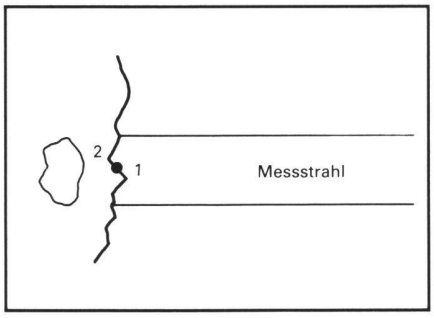


Abb. 10a: Oberflächenstruktur.

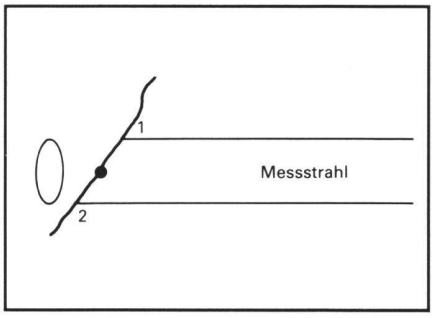


Abb. 10b: Geneigte Fläche.

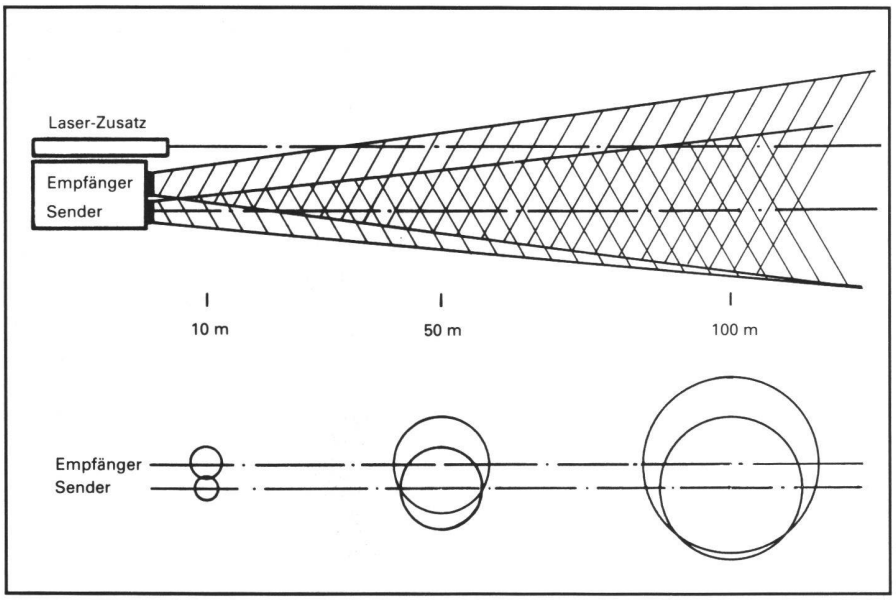


Abb. 11: DIOR 3002 Strahlengang.

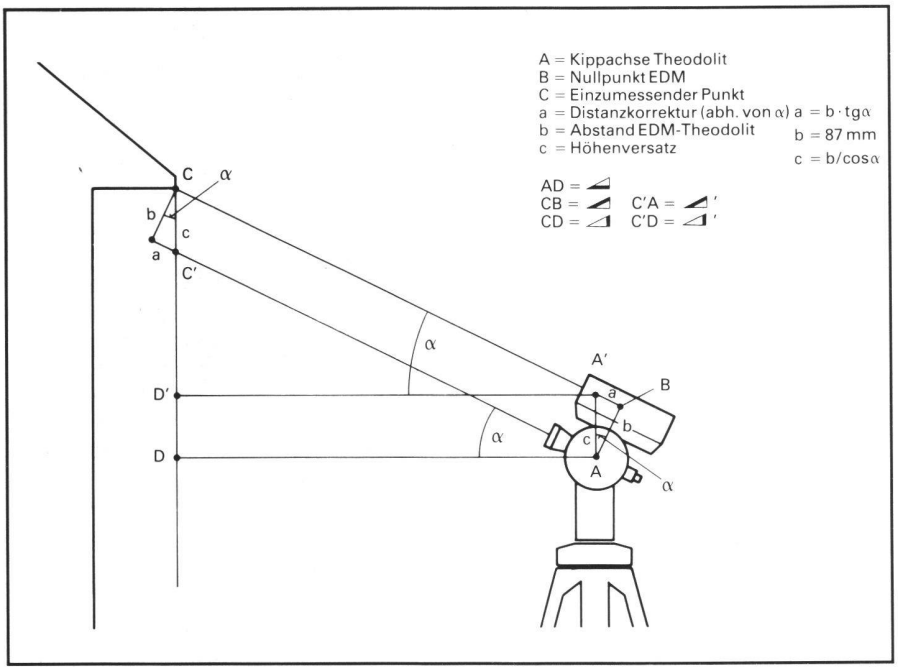


Abb. 12: Distanzkorrektur bei geneigten Visuren.

Die Genauigkeit der Distanzmessung hängt ebenfalls ab von der Oberflächenstruktur und der Neigung des Zieles zum Instrument. Wie aus Abb. 10 ersichtlich, ist die angezeigte Distanz ein Mittel aus kürzeren (1) und längeren (2) Distanzanteilen.

Bedingt durch den Abstand Distomat/Theodolit ergibt sich bei der reflektorlosen Distanzmessung und geneigten Visuren eine Distanzkorrektur (siehe Abb. 12).

Zu beachten ist auch die Strahldivergenz von 2.1mrad, diese ergibt einen Strahldurchmesser von ca. 10cm bei 50m bzw. ca. 20cm bei 100m.

Da Sende- und Empfangsobjektiv getrennt angeordnet sind (siehe Abb. 11), wird für den Nahbereich unter ca. 10–15m zur Überdeckung von Sende- und Empfangsbündel eine Vorsatzlinse aufgesetzt.

5.1 PROFIS-Programm «DIOR»

Mit der Instrumentenkombination Wild DIOR 3002 / elektronischer Theodolit T1000 / Datenterminal GRE3 können mit der «All»-Taste des T1000 Winkel und Distanzen gemessen *und* registriert werden.

Aufgrund von Punktaufnahmen mit oder ohne Prisma, können mit dem PROFIS-Programm «DIOR» aus der, jedem GRE3-Besitzer kostenlos zur Verfügung stehenden Wild Programmsammlung PROFIS = **PRO**GRAMS **F**OR **I**NTELLIGENT u.a. folgende Berechnungen durchgeführt werden:

- Raumdistanz, Höhenunterschied und Horizontaldistanz zwischen zwei beliebig aufgenommenen Punkten
- Projektionselemente eines beliebig aufgenommenen Punktes zu frei wählbarer Geraden
- Koordinatenberechnung und Speicherung der aufgenommenen und berechneten Punkte in lokalem Koordinaten-System
- Berücksichtigung der Distanzkorrektur bei der reflektorlosen Distanzmessung.

Adresse der Verfasser:
K. Grimm, P. Frank, K. Giger, Ing. HTL
Wild Heerbrugg AG
CH-9435 Heerbrugg

Erfolgskontrolle von Güterzusammenlegungen

A. Flury

Güterzusammenlegungen werden als effizientes und langfristig wirkendes Instrument zur Strukturverbesserung verstanden. Ihre tatsächliche Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit wurde in der Vergangenheit jedoch nie ganzheitlich, weder qualitativ noch quantitativ überprüft. Eine methodisch gestützte Erfolgskontrolle, durchgeführt an zwei abgeschlossenen Strukturverbesserungsprojekten im schweizerischen Berggebiet, hat diese Lücke nun teilweise geschlossen.

1. Einleitung

Seit 1983 wird am Institut für Kulturtechnik der ETH Zürich im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft das Forschungsprojekt «Erfolgskontrolle an durchgeführten Strukturverbesserungen» bearbeitet. Aus diesem Projekt ist inzwischen der Schlussbericht über die Untersuchungen an zwei Fallstudien im schweizerischen Berggebiet hervorgegangen (1): Gesamtmelioration Flond-Surcuolm (Kanton Graubünden) und Güterzusammenlegung Staldenried (Kanton Wallis.)