

# Laserdistanzmessgeräte bis 50 m vollautomatisch kalibrieren

Handlich, preiswert und vor allem schnell – Laserdistanzmessgeräte (LDM) ersetzen konventionelle Messbänder zusehends – in manchen Anwendungsfeldern, etwa der Bauwirtschaft, sogar fast vollständig. Weil LDM immer mehr Anwender finden, steigt auch der Bedarf an Kalibrierungen. Das METAS entwickelte dazu ein System, das LDM auf der bestehenden 50-Meterbank vollautomatisch kalibriert.

OLIVER STALDER

Laserdistanzmessgeräte (LDM) sind elektronische Geräte, die mit einem optischen Messprinzip Distanzen berührungslos messen können. Obwohl die heutigen LDM die Genauigkeit von kalibrierten Messbändern noch nicht ganz erreichen, sind sie in der Anwendung bedeutend praktischer: LDM platzieren, Knopf drücken und Resultat ablesen.

1: Laserdistanzmessgeräte der ersten (1993) und neueren (2013) Generation.

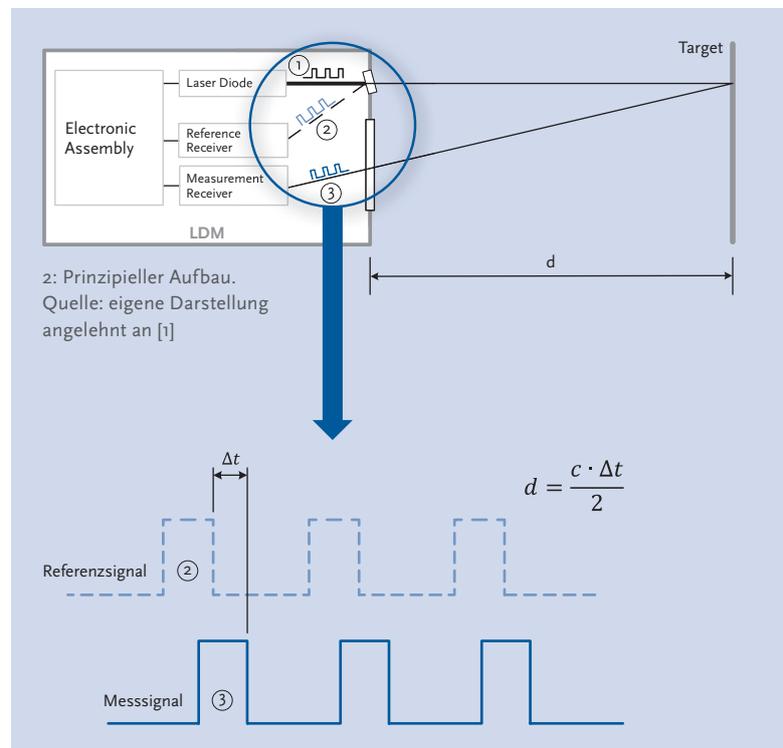


## Funktionsweise von Laserdistanzmessgeräten

Distanzmessungen mittels LDM basieren auf dem Phasemessprinzip. Wie in Abbildung 2 dargestellt, sendet eine Laserdiode Lichtpulse mit einer definierten Wiederholfrequenz aus (1). Ein Lichtpuls wird nach wenigen Nanosekunden am Ziel (Target) reflektiert und von einem Sensor empfangen. Aufgrund des Laufzeitunterschiedes zwischen dem internen Referenzpfad (2) und dem externen Messpfad (3) ergibt sich eine bestimmte Phasenverschiebung zwischen den beiden detektierten Lichtpulszügen. Wie Abbildung 3 zeigt, ist diese Phasendifferenz proportional zur Distanz zwischen Messgerät und Target. Ist die Phasendifferenz allerdings grösser als  $360^\circ$ , also z.B.  $410^\circ$ , würde dies die Auswerteelektronik nicht von  $50^\circ$  unterscheiden können. Um dieses Problem zu beheben, werden zusätzlich eine Reihe niedrigerer Pulsfrequenzen, sogenannte Grobmessungen, eingesetzt [1].

## Funktionsweise des neuen Messaufbaus

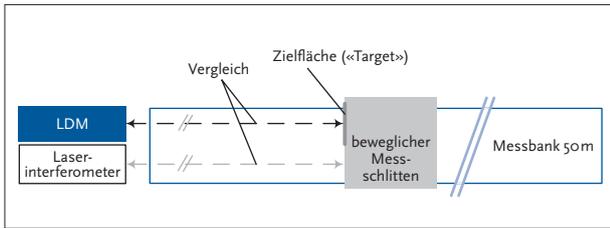
Die Kalibrierung von LDM erfolgt durch direkten Vergleich mit einem Laserinterferometer auf einer 50 m langen Messbank. Dazu werden die Distanzen zwischen einem beweglichen Messschlitten mit programmierbarer Position und dem zu kalibrierenden LDM erfasst und mit einem Laserinterferometer (Referenz) verglichen (Abbildung 5).



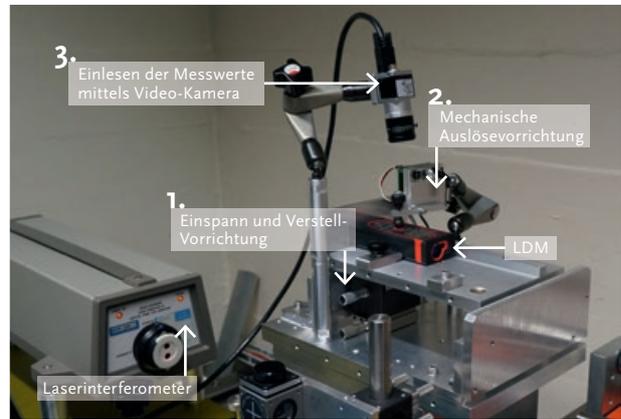
3: Messprinzip. d: Distanz, c: Lichtgeschwindigkeit,  $\Delta t$ : Laufzeitdifferenz.



4: Positionierbarer Messschlitten auf der 50 m Messbank.



5: Messprinzip: die Laserdistanzmessgeräte werden direkt mit einem Laserinterferometer verglichen.



6: Messaufbau für verschiedene Modelle von LDM.

Die Messungen werden nach folgendem Ablauf realisiert (Abbildung 6): Nachdem das LDM montiert und parallel zum Referenzstrahl auf dem Messschlitten ausgerichtet ist, werden die zu kalibrierenden Distanzen mit dem Messschlitten angefahren. Die Messung des LDM wird durch Drücken der Messtaste ausgelöst. Keine Person, sondern ein mechanischer Finger drückt auf die Messtaste. Sekundenbruchteile später erscheint der digitale Messwert in der Anzeige des LDM. Der Messwert wird durch eine Videokamera erfasst, durch Bildauswertung digitalisiert und von der Software weiter verarbeitet. Mit diesem vom METAS entwickelten System lassen sich Geräte unterschiedlicher Hersteller und Bauweisen universell und voll automatisiert kalibrieren. Eine elektronische Datenschnittstelle ist nicht notwendig und meistens auch gar nicht vorhanden.

**Messergebnisse und Messunsicherheit**

Die Messunsicherheit der Kalibrierung beträgt je nach LDM bestenfalls rund 1,5 mm für eine Distanz von 50 m. Die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Messunsicherheit sind: Wiederholbarkeit, Luftdruck und Lufttemperatur, Auflösung des Displays (Digitalschritt) sowie die Ebenheit und Rechtwinkligkeit der Zielfläche (Target). Die vom METAS deklarierte Messunsicherheit wurde in einer umfangreichen, internationalen Vergleichsmessung bestätigt [2]. Abbildung 7 zeigt die Messergebnisse von zwei unterschiedlichen LDM für eine Messdistanz von 30 m; einmal ein Gerät mit einer Auflösung von 1 mm (LDM1) und einmal ein Gerät mit einer Auflösung von 0.1 mm (LDM2). In Abbildung 7 sind zusätzlich die Messunsicherheiten an den beiden ausgewählten Positionen 0 und 30 m eingetragen. Die Messunsicherheit wird vereinfacht aus einem konstanten sowie einem längenabhängigen Beitrag zusammengesetzt.

**Fazit**

Obwohl Laserdistanzmessgeräte traditionelle Messbänder in vielen Bereichen allmählich ersetzen oder schon ersetzt haben, kalibriert das METAS nach wie vor Messbänder, denn es gibt Anwendungsfälle, in denen diese kaum zu ersetzen sind. Dazu zählen beispielsweise:

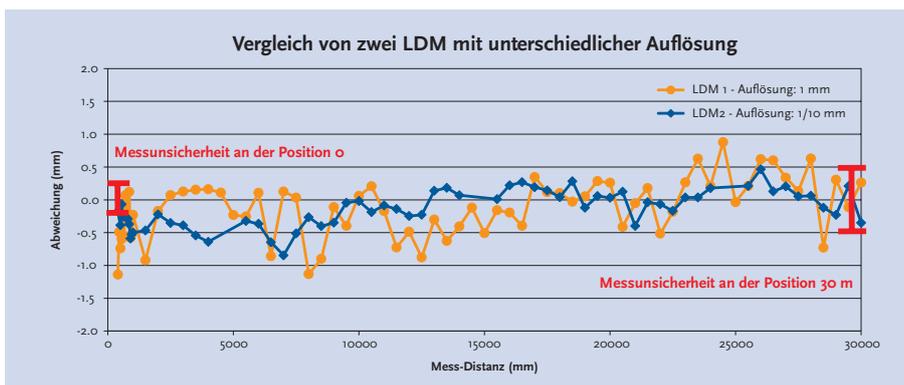
- Füllstands-Messungen von Flüssigkeiten (Rohöl oder der gleichen)
- Umfangmessungen bei Tanks, Druckleitungen mit grossen Durchmessern, Turbinengehäusen etc. (Hier kommen oft auch spezielle Umfangmessbänder zum Einsatz.)

Die Messgenauigkeiten der LDM, die je nach Hersteller und Gerätetyp bis zu 1 mm spezifiziert sind, werden unter definierten Bedingungen, wie sie im 50-Meter-Labor des METAS gegeben sind, gut eingehalten. Im täglichen Gebrauch können jedoch Umgebungsbedingungen wie Lufttemperatur und Luftdruck, die Oberflächen-Beschaffenheit der Zielfläche (zu stark reflektierend oder absorbierend), oder auch eine nicht optimale Handhabung der Geräte die erreichbare Genauigkeit deutlich herabsetzen.

**Quellen**

[1] Fiegl, Bernhard: Leica DSTO Messverfahren. Weblink: [http://lasers.leica-geosystems.com/sites/default/files/product\\_documents/messprinzip\\_de.pdf](http://lasers.leica-geosystems.com/sites/default/files/product_documents/messprinzip_de.pdf) (Stand Juni 2015)

[2] Mariusz Wisniewski et al, Final report on supplementary comparison EURAMET.L-S20: Comparison of laser distance measuring instruments, Metrologia 51 04002, 2014, doi:10.1088/0026-1394/51/1A/04002



7: Messvergleich von zwei Laserdistanzmessgeräten mit unterschiedlicher Auflösung.

Kontakt:  
 Dr. Felix Meli, Laborleiter  
 Länge, Nano- und Mikrotechnik  
 felix.meli@metas.ch  
 +41 58 387 03 46