

# Hochpräzise optische Distanzmessung mit mehreren Frequenzkämmen

## Anwendungsgebiet

Der Bedarf an hochpräziser Distanzmessung besteht in allen Bereichen der industriellen Messtechnik, insbesondere in der Maschinenbau- und Automobilbranche sowie in der Luft- und Raumfahrt.

## Stand der Technik

Die Erfindung der Frequenzkammquelle hat es erstmals möglich gemacht, Frequenzen von Lichtwellen direkt zu messen, statt sie von der Wellenlänge abzuleiten. Dies eröffnet auch in der optischen Distanzmessung neue Möglichkeiten für hochgenaue Messungen.

Ein Problem stellte bislang jedoch die Tatsache dar, dass sowohl der Eindeutigkeitsbereich der Distanzmessung als auch die maximale Messgenauigkeit vom Frequenzabstand der Frequenzkammlinien abhängen. Mit steigendem Linienabstand erhöht sich zwar die Genauigkeit der Messung, der Eindeutigkeitsbereich aber wird für praktische Anwendungen zu gering.

## Innovation

Am Karlsruher Institut für Technologie wurde ein Messverfahren entwickelt, das die Messung von Distanzen mit einer Genauigkeit im Nanometerbereich auch über kilometerlange Strecken ermöglicht.

Das Messverfahren nutzt dazu zwei Frequenzkammquellen mit unterschiedlichen Linienabständen. Durch eine Überlagerung der Signale der Frequenzkammquellen wird auf einem Fotodetektor ein Schwebungssignal erzeugt, das diskrete Spektrallinien mit einem Abstand aufweist, der dem Unterschied der optischen Linienabstände der Frequenzkämme entspricht. Durch eine geschickte Auswertung der mit den verschiedenen Schwebungsfrequenzen verbundenen Phasenverschiebungen ist es möglich, den maximalen Messbereich auch bei großen Linienabständen prinzipiell beliebig zu vergrößern.

Dazu werden zwei simultane oder zeitlich nur leicht versetzte Teilmessungen durchgeführt. Aus einer dieser Teilmessungen wird die Weglängendifferenz zwischen dem Messstrahlengang und einem Referenzstrahlengang ausreichend genau ermittelt, um Ambivalenzen, die sich aus dem kleineren Eindeutigkeitsbereich der zweiten Teilmessung ergeben, zu eliminieren.

In der zweiten Teilmessung werden die zur Messung verwendeten Signalteile der beiden Frequenzkämme anders kombiniert. Hier wird ebenfalls die Längenänderung zwischen Messstrahlengang und Referenzstrahlengang ermittelt, mit höherer Genauigkeit aber mit einem sehr viel geringeren Eindeutigkeitsbereich.

Durch die Kombination der beiden Messverfahren kann ein Messergebnis erreicht werden, das die Genauigkeit der zweiten Teilmessung mit dem Eindeutigkeitsbereich der ersten Teilmessung vereint.

## Die Vorteile auf einen Blick

- ✓ Messung beliebiger Distanzen
- ✓ Genauigkeit von bis zu unter 100 nm über Messstrecken bis in den Kilometerbereich
- ✓ Kostensenkung und Verkleinerung der Messsysteme durch Nutzung miniaturisierter Frequenzkammquellen
- ✓ Einsetzbar innerhalb industrieller Fertigungslinien
- ✓ Genauigkeit, Robustheit, Schnelligkeit
- ✓ Ohne Änderung der Messanordnung während der Messung

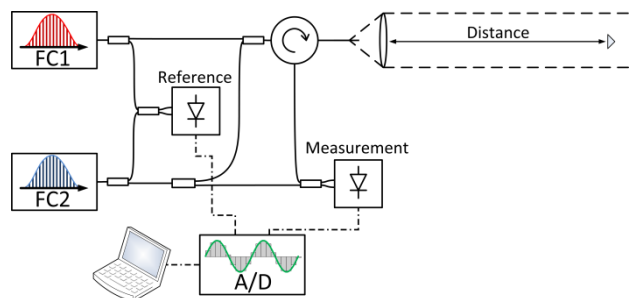


Abb.: Darstellung des Messprinzips: Frequenzkamm 1 (FC1) und ein Teil von Frequenzkamm 2 (FC2) durchlaufen die Distanz zu einem Retroreflektor. Die Schwebungssignale der Fotodioden werden digital ausgewertet. Eine geschickte Kombination zweier Teilmessungen ermöglicht es, einen hohen Eindeutigkeitsbereich und eine hohe Messgenauigkeit miteinander zu verbinden.

## Technologietransfer

Die Technologie-Lizenz-Büro GmbH ist mit der Verwertung der Technologie beauftragt und bietet Unternehmen die Möglichkeit der Lizenznahme.

## Patent-Portfolio

DE, US und EP erteilt (DE 102012001754 B4 / US 9,979,843 B2 / EP 2810017 B1); GB anhängig.

## Kontakt

Dr.-Ing. Florian Schwabe

[schwabe@tlb.de](mailto:schwabe@tlb.de)

Technologie-Lizenz-Büro (TLB)

der Baden-Württembergischen Hochschulen GmbH

Ettlinger Straße 25, D-76137 Karlsruhe

Tel. 0721 79004-0, Fax 0721 79004-79, [www.tlb.de](http://www.tlb.de)

Referenz-Nummer: 11/046TLB