

# SICK AG WHITEPAPER

## BERÜHRUNGSLOSE MESSUNG MIT DISPLACEMENT-MESSENSOREN FÜR DIE QUALITÄTSKONTROLLE

### AUTOREN

#### **Ramona Heitz**

Produkt Managerin Displacement Messsensoren  
bei der SICK AG in Waldkirch / Deutschland

#### **Stephan Mächerlein**

Leiter Applikation  
bei der SICK AG in Waldkirch / Deutschland

### ZUSAMMENFASSUNG

Um eine gleichbleibend hohe Qualität bei der Herstellung unterschiedlichster Bauteile oder Komponenten sicherzustellen, ist es notwendig, die Ergebnisse regelmäßig durch Messungen zu überprüfen. Diese Prüfungen werden auf unterschiedliche Art und Weise durchgeführt. Entweder außerhalb des laufenden Prozesses durch regelmäßige Entnahme einzelner Bauteile und die darauffolgende Prüfung unter Zuhilfenahme geeigneter mechanischer oder optischer Messmittel. Oder mithilfe von in den Prozess integrierten Messstationen mit mechanischen Antastsystemen oder anderen zerstörungsfrei wirkenden Messmitteln. Genau hier kommen optisch messende Sensoren ins Spiel.

Ihre Fähigkeit, berührungslos, präzise und schnell zu messen und die Möglichkeit, die Ergebnisse dieser Messungen direkt in den Produktionsprozess zu integrieren, führt zu einer erhöhten Produktivität. Daraus resultieren schnellere Fertigungsprozesse bei gleichbleibend hoher Qualität, ohne das Objekt mechanisch zu berühren oder gar zu beschädigen. Die optischen Sensoren sorgen für hochgenaue Ergebnisse beim Vermessen kleinster Objekte.

## Inhaltsverzeichnis

Technologien .....	3
Schnittstellen .....	5
Herausforderungen .....	6
Wesentliche Vorteile der Messmethoden im Vergleich .....	6
Typische Applikationen aus verschiedenen Bereichen .....	7

## Technologien

Für präzise messende optische Sensoren kommen verschiedene Technologien zum Einsatz.

### Lasertriangulationsprinzip

Lasertriangulation bedeutet ein- oder mehrdimensionale Abstandmessung durch Winkelberechnung. Der Sensor projiziert Laserlicht auf das Messobjekt. Die dort reflektierte Strahlung wird über eine Optik abhängig von der Entfernung auf eine bestimmte Stelle eines positionsempfindlichen Empfangselements abgebildet. Der Abstand zum Messobjekt wird über die Dreiecksbeziehung von der Lichtquelle, dem Messpunkt auf dem Objekt und dem Abbild des Lichts auf dem Empfangselement bestimmt. Es gibt Sensoren mit unterschiedlich großen Lichtflecken. Für sehr kleine Objekte sind kleine Lichtfleckgeometrien zu bevorzugen. Für raue Oberflächen empfiehlt sich die Verwendung eines Sensors mit größerem Lichtfleck.

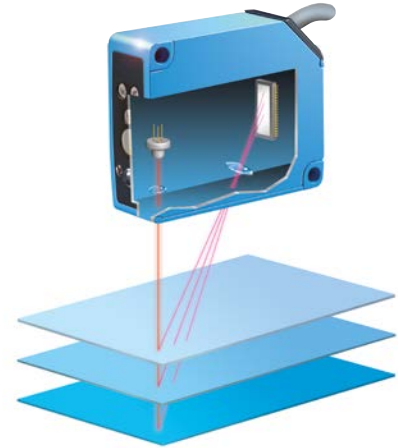


Abbildung 1: Lasertriangulationsprinzip

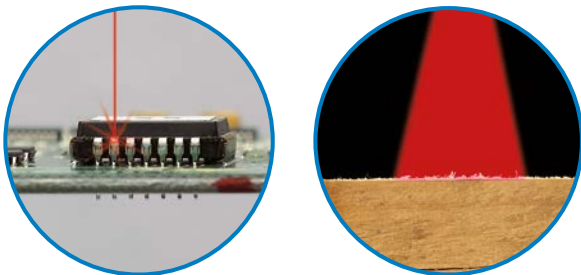


Abbildung 2: Lichtfleckgeometrien (re: groß, li: klein)

Das gleiche Funktionsprinzip gilt auch für Sensoren, bei denen anstelle eines Lichtflecks eine Laserlinie in Kombination mit einem CMOS-Matrixempfänger eingesetzt wird. Hierbei kann direkt, ohne dass das Objekt bewegt werden muss, ein Profil erfasst und ausgewertet werden.

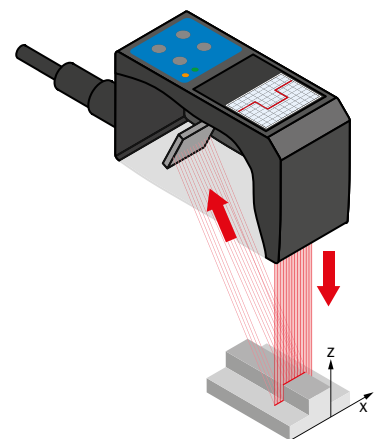


Abbildung 3: Laserprofilsensor

**Chromatisch-konfokales und interferometrisches Messprinzip:**

Bei chromatisch-konfokal messenden Sensoren kommen Weißlichtquellen zum Einsatz, deren Lichtspektrum gebündelt über Lichtwellenleiter zum Messkopf geführt wird. Beim Displacement-Messsensor OC Sharp von SICK stehen hierbei zwei unterschiedliche Messmethoden zur Auswahl.

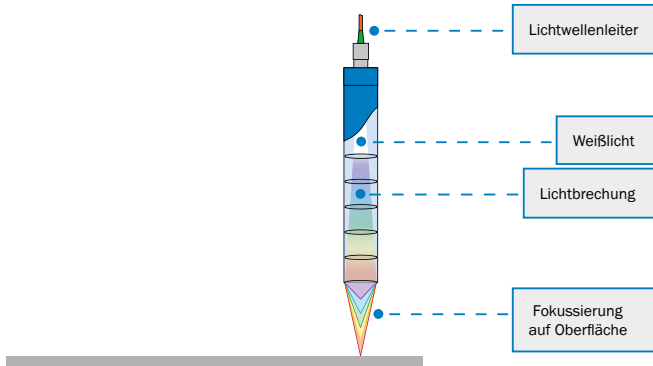


Abbildung 4: Chromatisch-konfokales und interferometrisches Messprinzip

**Chromatische Messmethode:**

Das im Messkopf verbaute Linsensystem ist so aufgebaut, dass die einzelnen Wellenlängen jeweils einer anderen Distanz zugeordnet sind. Man nutzt hierbei den Effekt der normalerweise unerwünschten chromatischen Aberration.

Jede Wellenlänge wird auf diese Weise an einer anderen Distanz fokussiert, von der Oberfläche reflektiert und die reflektierte Wellenlänge in einem Spektrometer ausgewertet. Die ermittelte Wellenlänge wiederum ist einem Distanzwert zugeordnet.

Wie bei vielen Sensoren, die nach dem Lasertriangulationsprinzip arbeiten, lassen sich auch hier mehrere reflektierte Wellenlängen auswerten. Damit kann eine relative Materialdicke von einlagigen oder sogar mehrlagigen transparenten Objekten bestimmt werden.

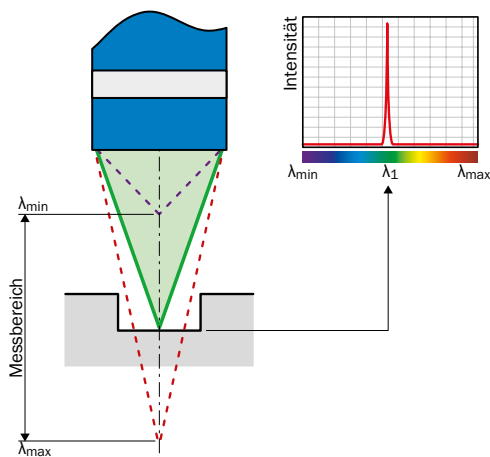
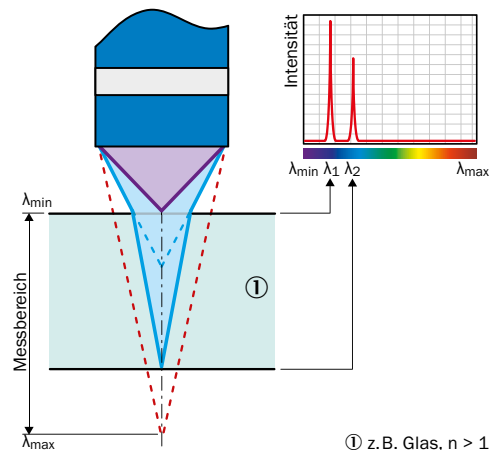


Abbildung 5: Distanzmessung



① z. B. Glas,  $n > 1$

Abbildung 6: Dickenmessung transparenter Objekte

## Interferometrische Messmethode:

Die interferometrische Messmethode nutzt den physikalischen Effekt der Interferenz an dünnen Schichten. Diesen Effekt kennt man z. B. von bunt schimmernden Pfützen, verursacht durch einen dünnen Ölfilm, oder von Seifenblasen. Durch die spezifischen Materialdicken werden unterschiedliche Wellenlängen des Lichts entweder ausgelöscht oder verstärkt. Nachgelagert wird über eine schnelle Fourier-Transformation das Spektrum der detektierten Lagen ausgewertet. Im Vergleich zur chromatisch-konfokalen Messmethode ist es hier nicht möglich, eine absolute Distanz auszuwerten, sondern nur die vorhandenen Dicken in einem Schichtensystem.

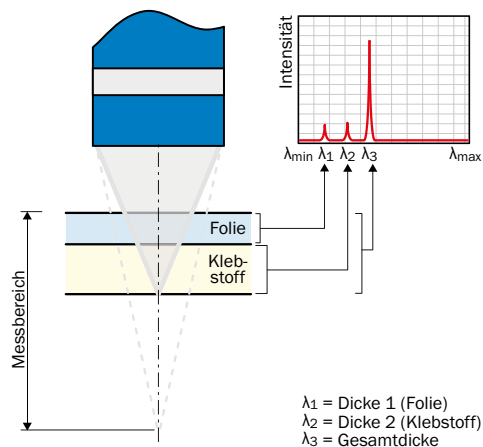


Abbildung 7: Interferometrische Messmethode zur Dickenmessung von Schichten und transparenter Objekte

## Wesentliche Vorteile im Vergleich zum Lasertriangulationsprinzip:

- Typischerweise sind größere Verkippwinkel zulässig
- Eine Teilverschattung des Lichtwegs führt immer noch zu einem Messergebnis
- Lichtfleckdurchmesser ab 4  $\mu\text{m}$  erlauben es, sehr kleine Bereiche zu vermessen oder sogar in Löcher zu messen (z. B. Durchkontaktierungen bei Leiterplatten/ICs)
- Noch kleinere Schichtdicken transparenter Materialien können ermittelt werden (ab ca. 3  $\mu\text{m}$ )
- Das Messprinzip für Messungen der Oberflächenrauheit ist in einer Norm beschrieben (DIN EN ISO 25178, Teil 602)
- Der Messkopf ist ein rein passives Bauteil und enthält keine elektrischen Komponenten

## Schnittstellen

Viele Sensoren können mit einer Auswerteeinheit betrieben werden, in der bereits verschiedene Filterfunktionen eingestellt oder Berechnungen durchgeführt werden können, ohne die kundenseitige Steuerung zu belasten. Die Übermittlung der Messergebnisse kann entweder über die diversen verfügbaren Datenschnittstellen erfolgen (RS-232, RS-422, RS-485, 4 mA ... 20 mA, -10 V ... 10V, 0 V ... 10 V). Alternativ werden lediglich die „gut/schlecht“-Information über Schaltausgänge abgefragt.

## Herausforderungen

Die Gründe für den Einsatz von optischen Messmitteln sind vielfältig:

- Ersatz für mechanische Messmittel, die Verschleiß unterliegen und daher regelmäßig ausgetauscht werden müssen
- Beschädigung des Endprodukts, z. B. von Folien oder weichen Oberflächen, beim Einsatz mechanischer Messmittel soll vermieden werden
- Die Eigenschaften des zu vermessenden Materials lassen generell keine mechanische Messung zu, z. B. flüssige, nicht ausgehärtete oder generell weiche Medien, die unter Druckeinwirkung ihre Abmessungen reversibel oder irreversibel ändern würden
- Die zu vermessende Oberfläche ist für mechanische Messmittel nicht oder nur schwer zugänglich

Beim Umstieg auf optische Messmittel steht mitunter die Herausforderung im Raum, eine Vergleichbarkeit zu den bisher mechanisch ermittelten Ergebnissen herzustellen. Aufgrund der unterschiedlichen Verhaltensweisen von optischen und mechanischen Messmitteln muss Folgendes berücksichtigt werden:

- Ist eine Messfähigkeit auf das Objekt überhaupt gegeben oder werden die Ergebnisse durch physikalische Effekte signifikant beeinflusst, z. B. durch halbtransparente Oberflächen oder mehrlagige dünne Schichten?
- Wie geht man mit Ablagerungen (z. B. Öl, Staub, Späne etc.) auf der Oberfläche um? Sind Filtermechanismen notwendig, da anders als bei mechanischen Messmitteln kein definierter Druck auf die Oberfläche einwirkt?
- Da der Messpunkt bei mechanischen Messmitteln typischerweise viel größer ist als bei optischen Messmitteln, müssen die Messergebnisse bei optischen Messmitteln über eine größere Fläche gemittelt werden

Der Umstieg von einem mechanischen auf ein optisches Messmittel kann einen gewissen Aufwand bedeuten. Dagegen stehen jedoch die langfristigen Vorteile wie Kosteneinsparung, erhöhter Durchsatz, keine mechanische Einwirkung auf das Messobjekt und erhöhte Qualität in jedem Prozessschritt.

## Wesentliche Vorteile der Messmethoden im Vergleich

Mechanisch	Optisch
Etabliert, durchgängig in Normen beschrieben	Zerstörungsfrei
Geringere Auswirkungen auf das Messergebnis bei Verschmutzung	Schnell
-	Inline
-	Messung auf sehr kleinen, schlecht zugänglichen Objekten
-	2D-Profile, ohne das Objekt zu bewegen



Abbildung 8: Messmethoden: Mechanisch und optisch im Vergleich

## Typische Applikationen aus verschiedenen Bereichen

### Holzindustrie: Dicken- und Längenmessung auf verschiedene Materialien

In der Holzverarbeitung kommen optische Messmittel zur Kontrolle der Dicke, Länge und Breite von z. B. Küchenarbeitsplatten zum Einsatz. Die Herausforderungen sind hierbei vor allem die große Vielzahl möglicher Kunststoffoberflächen, die auf die Spanplatte aufgebracht sind. Optisch messende Sensoren bieten hier den wesentlichen Vorteil, da sie die empfindlichen Oberflächen nicht beschädigen.

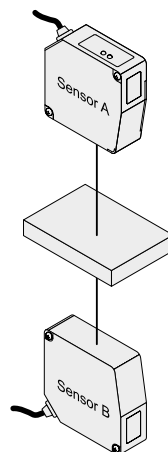
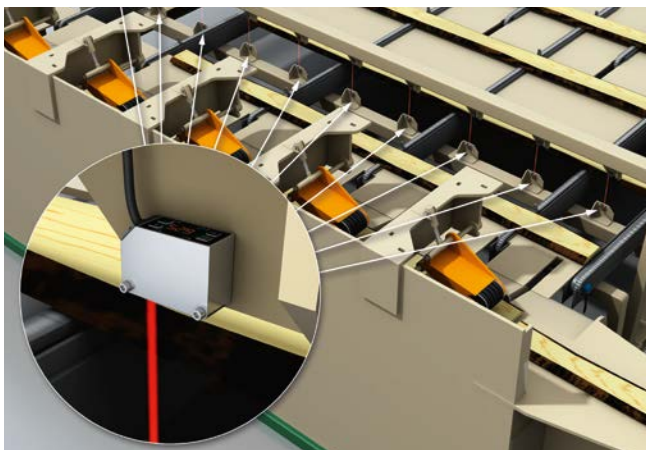


Abbildung 9: Waldkantenmessung mit SICK Displacementsensor OD Mini

### Metallbearbeitung: Doppellagenerkennung von Blechen im Durchlauf

Bei der Blechverarbeitung in unterschiedlichen Branchen ist neben der Dickenprüfung eines einzelnen Blechs auch die Doppellagenerkennung der Bleche relevant. Hier kommen typischerweise Methoden zum Einsatz, die auf Wirbelstrom, Ultraschall oder mechanischer Messung basieren. Bei hohen Transportgeschwindigkeiten und kleinen Blechlängen kommen diese jedoch schnell an ihre Grenzen.

Auch wenn es durch die Oberflächenbeschaffenheit der Bleche (Kratzer, Öltropfen, Grate etc.) unter Umständen notwendig ist, weitere Filter im Sensor zu aktivieren, sind wegen der schnellen Ansprechzeit und kleinen Lichtflecken optisch messende Sensoren die geeignetere Lösung.

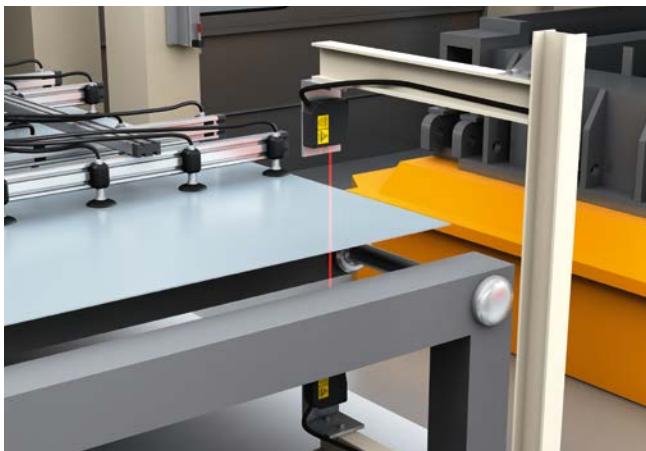


Abbildung 10: Berührungslose Doppellagenerkennung von Blechen mit Displacementsensor OD Precision

## Metallbearbeitung: Distanzkontrolle an Schneidkopf und Schweißkopf

Für saubere Schnitte oder Schweißnähte ist es wichtig, dass der Schneid- oder Schweißkopf im richtigen Abstand zum zu bearbeitenden Material positioniert ist. Das Umfeld dieser Messung ist mitunter stark von Rauch- und elektromagnetischen Störungen belastet. Dadurch kann es notwendig sein, die für die Messung eingesetzten Sensoren zusätzlich zu schützen. Dennoch überwiegen auch hier die Vorteile von optisch messenden Sensoren, da sie sehr nahe am Bearbeitungskopf messen und bei der Messung die Materialoberfläche nicht beschädigen.

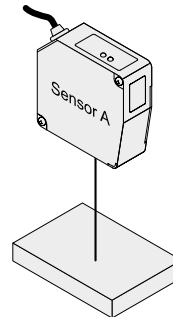


Abbildung 11: Distanzkontrolle am Schneidkopf mit Displacementsensor OD Max

## Automobilindustrie: Bremsscheiben- und Taumelmessung

Bei der Herstellung von Bremsscheiben ist es notwendig, die Maßhaltigkeit sowie den maximal zulässigen Taumelschlag zu prüfen. Da auch kleinste Verformungen erhebliche Auswirkungen auf die Funktion haben können, kommen hier präzise, berührungslose Messverfahren zum Einsatz.

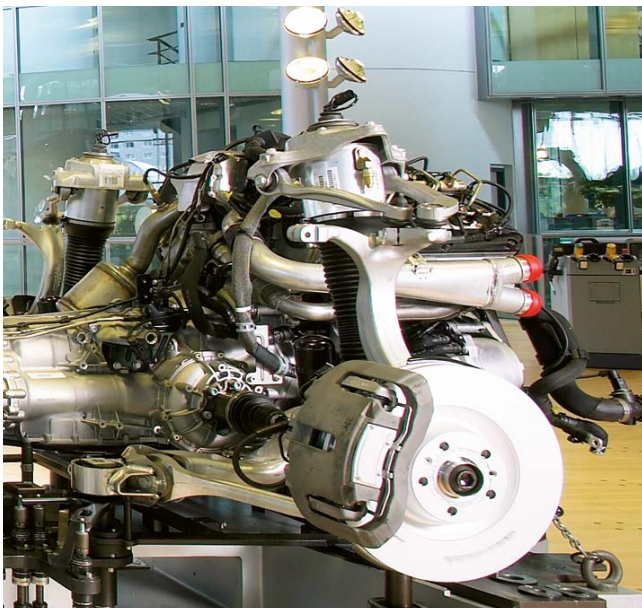


Abbildung 12: Taumelmessung an Bremsscheiben

## Elektronik: Prüfung von Höhe und Lage von Bauteilen

Bei der Platinenbestückung ist es notwendig, frühzeitig im Prozess zu prüfen, ob die Bauteile richtig positioniert aufgebracht wurden oder ob sie fehlerhaft verbunden wurden, z. B. einseitig abgehoben sind. Auch hier ist eine Lösung mit optischen Messmitteln die beste Wahl. Gründe dafür sind die präzise Lichtfleckpositionierung speziell auf sehr kleinen Elementen sowie die direkte Profilmessung mithilfe eines Sensors mit Laserlinie.

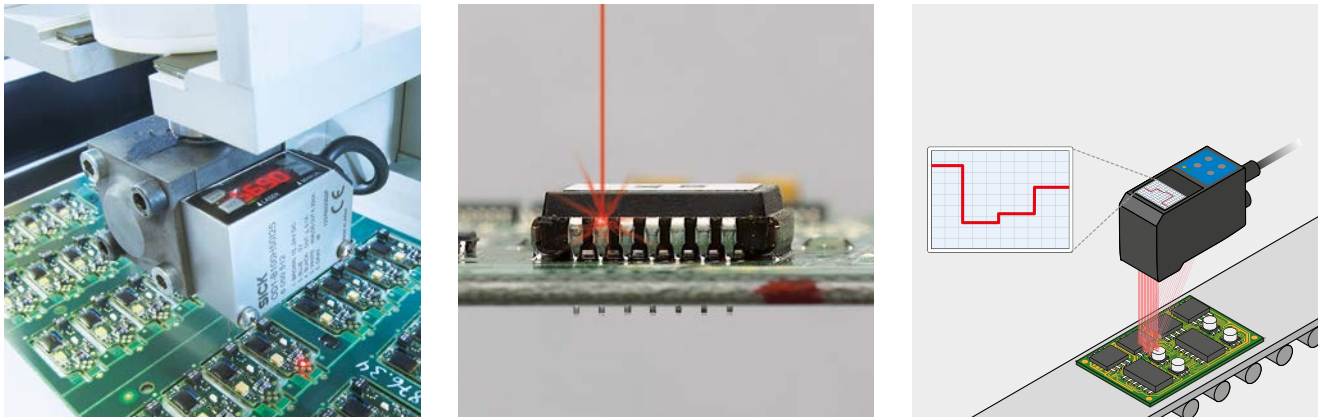


Abbildung 13: Prüfung von Höhe und Lage von Bauteilen mit Displacement-Messsensoren

Mit drei Sensorköpfen kann gemessen werden, ob die positionierten Bauteile in verschiedenen Achsen verkippt sind. Diese Messung ist z. B. beim Einsetzen von Smartphone-Displays unerlässlich.

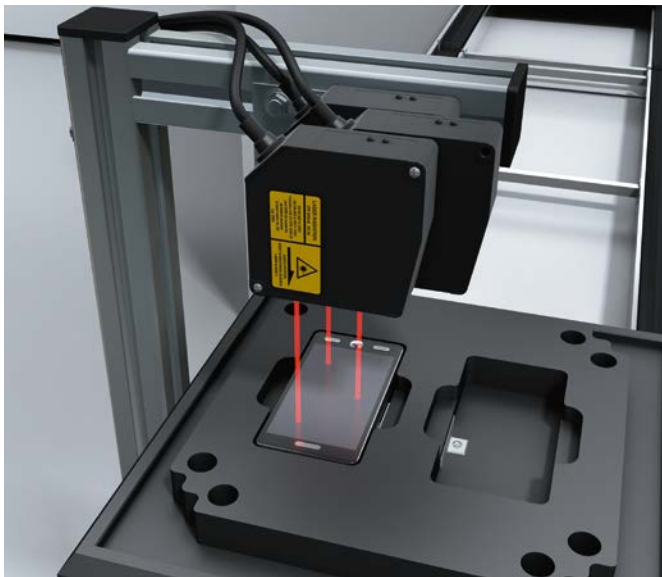


Abbildung 14: Messen der korrekten Lage von Gerätebaugruppen mit Displacementsensor OD Precision

## Elektronik- und Solarindustrie: Prüfen von Beschichtungen

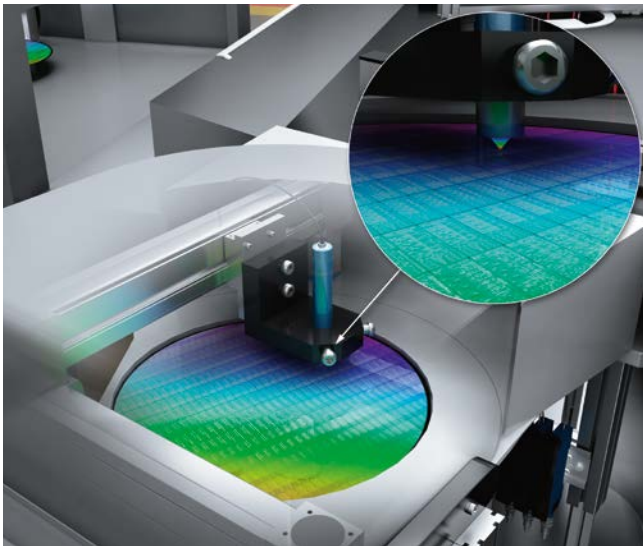


Abbildung 15: Messen von Schichtdicken von Halbleiterwafern mit Displacementsensor OC Sharp

Schichtdicken ab ca. 3  $\mu\text{m}$  kann ein optischer Messsensor bei Einsatz der interferometrischen Messmethode zerstörungsfrei und genau erfassen. Hierdurch wird die Qualität des Prozesses direkt und ohne Ausschleusen des Wafers bewertet..

## Glasindustrie: Distanz- und Dickenmessung von Glas

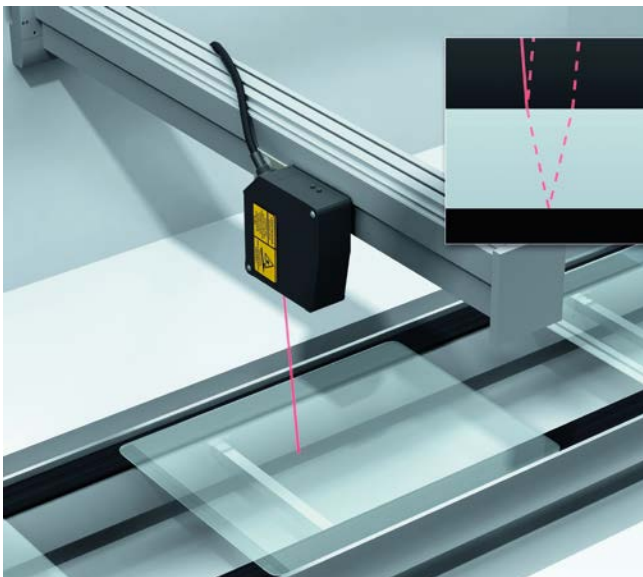


Abbildung 16: Glasdickenmessung mit nur einem OD Precision Displacement Sensorkopf

Um sicherzustellen, dass eine Glasoberfläche im richtigen Abstand zu einem Greifer platziert ist, ist eine Abstandmessung unerlässlich. Sowohl einige laserbasierte Sensoren als auch chromatisch-konfokale Sensoren oder auch Ultraschallsensoren sind hierfür geeignet.

Für eine Dickenmessung von nur einer Seite sind allerdings optisch messende Sensoren notwendig. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass das richtige Glas an der richtigen Stelle platziert wird. Die typischerweise optisch messbaren Dicken transparenter Objekte liegen im Bereich von ca. 3  $\mu\text{m}$  bis zu 20 mm.

## Kunststoffindustrie: Messung der Foliendicke



Eine gleichmäßige Foliendicke ist ein Merkmal qualitativ hochwertiger Folien. Die Dicke von Blasfolien kann zerstörungsfrei und genau mithilfe von optischen Messmitteln erfasst und im Herstellungsprozess direkt nachgeregelt werden, um eine möglichst hohe Qualität zu erreichen.

Abbildung 17: Dickenmessung transparenter Folie mit Displacementsensor OC Sharp

## Dispensierung: Kleberauneninspektion

Das Profil eines noch nicht ausgehärteten Dispensionsmaterials (z.B. Kleberaune) können nur berührungslose Messmittel erfassen, denn jegliche Art von mechanischem Kontakt würde sofort zu einer Profilveränderung des Auftrags führen. Die Qualitätskontrolle erfolgt idealerweise mit einem linienbasierten Sensor, der mit dem Dispenser mitgeführt wird und das Profil des Auftrags in kürzester Distanz zum Materialauslass prüft.

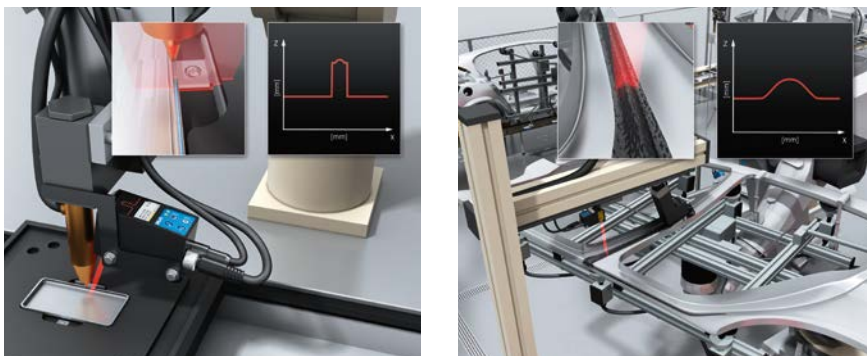


Abbildung 18: Berührungslose Kleberauneninspektion im laufenden Prozess mit Displacementsensor Profiler 2

## Feinwerktechnik: Kleinteile und Uhrenbauteile vermessen



Gerade sehr kleine zu vermessende Teile sind oft so platziert, dass sie für eine Messung schwer zugänglich sind. In diesen Fällen ist mit sehr kleinen Flächen zu rechnen, die entsprechend sehr kleine und präzise Lichtflecke erfordern. Diese bieten chromatisch-konfokale Sensoren. Aufgrund des eingesetzten Weißlichts sind auch, anders als bei einem Laser, weder Randlicht- noch Speckleeffekte zu erwarten. Die Herausforderung in dieser Applikation besteht vielmehr darin, den Sensor exakt zu positionieren. Dazu sind präzise mechanische Komponenten notwendig.

Abbildung 19: Kleinste Uhrenbauteile präzise vermessen mit Displacement-Messsensoren

**WEITERFÜHRENDER LINK**

Mehr Informationen zu Displacement-Messsensoren: → [www.sick.de/messensoren](http://www.sick.de/messensoren)