

A blurred background image of a classroom or lecture hall. A person is standing at the front, possibly presenting, with a screen visible behind them. The audience is seated at desks, facing the front.

# Herzlich Willkommen

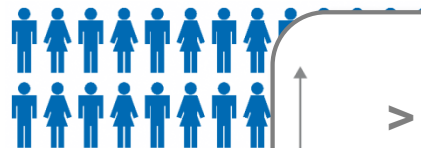
50  
YEARS



More Precision

Made in Germany

Weltweit über  
1400 Beschäftigte



Umsatz  
> 160 Mio. EUR

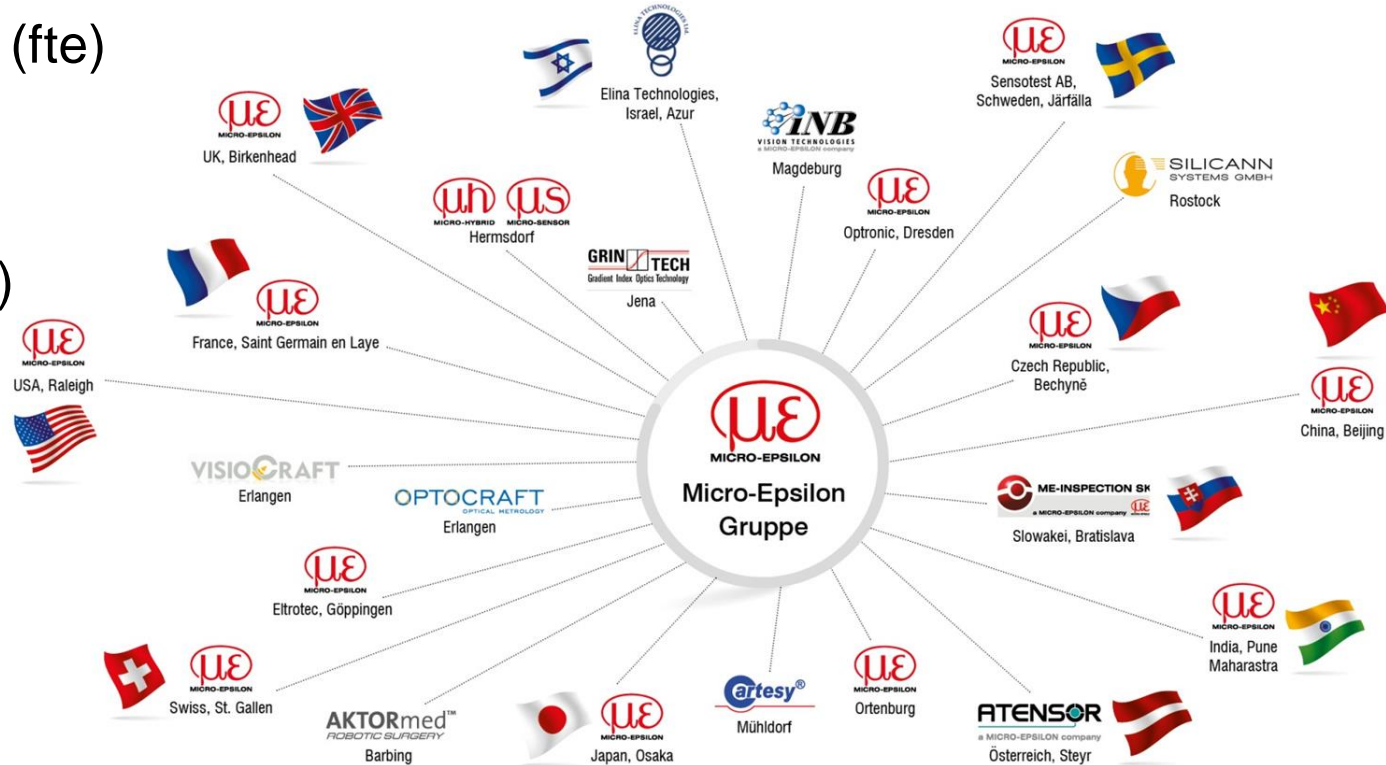


# Micro-Epsilon Firmengruppe

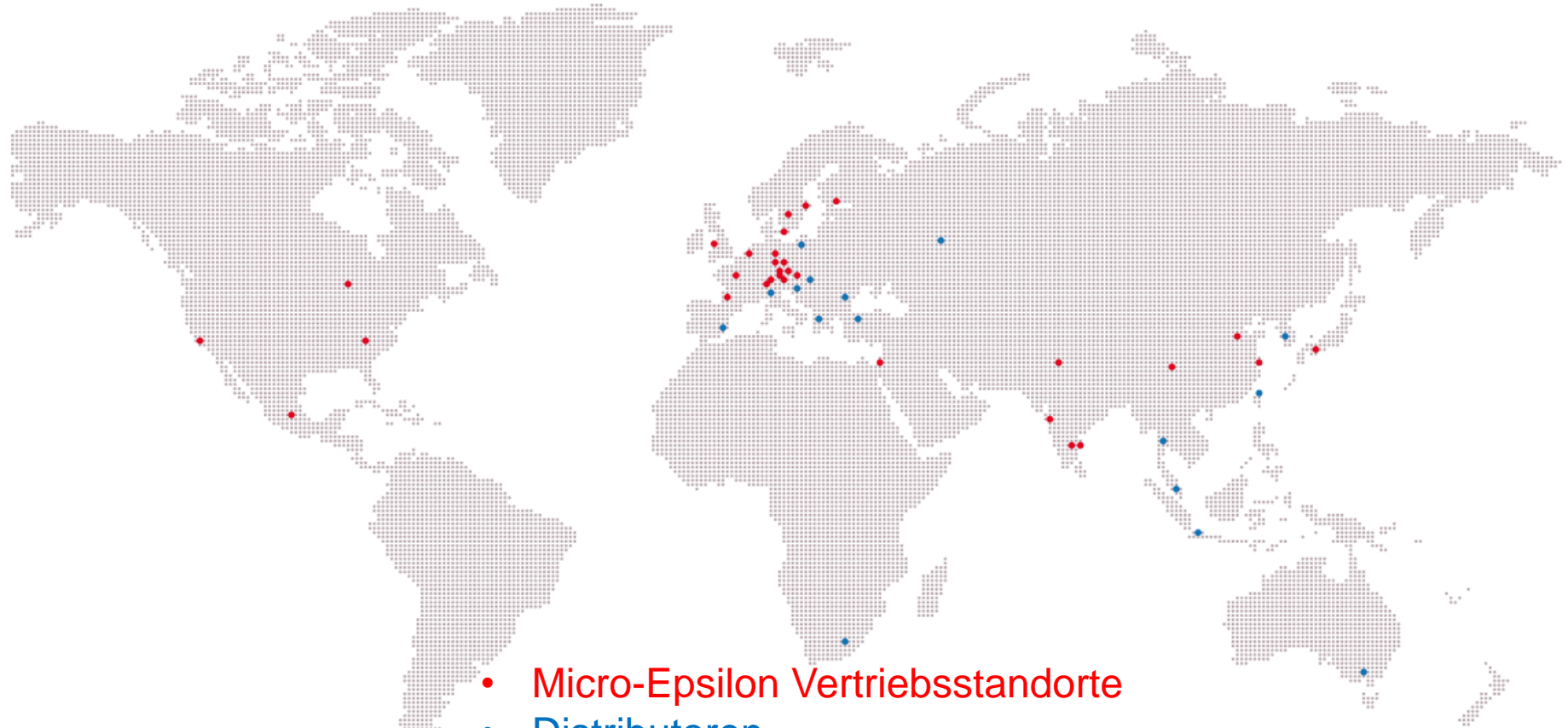


Mittelständische, familiengeführte Unternehmensgruppe

- 1140 Mitarbeitern (fte)
- 23 Standorte
- Umsatz 186 Mio€ (nicht konsolidiert)



# Internationales Kompetenz-Netzwerk



- Micro-Epsilon Vertriebsstandorte
- Distributoren



# Kompetenz in Wegmessung

## Laser Triangulation



## Konfokal-chromatisch



## Weißlicht-Interferometer



## Kapazitiv



## Wirbelstrom



## Induktiv / LVDT / Magneto-induktiv



## Seilzug



# Kompetenz in Sensorik und Messtechnik

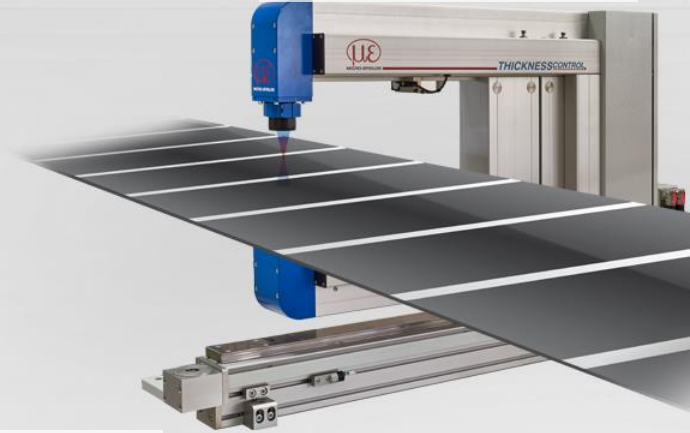
2D/3D Laserscanner



3D-Snapshot-Sensoren für Form und Oberfläche



Mess- und Prüfanlagen



Optische Mikrometer



Farbsensoren



Wärmebildkameras und Pyrometer



Laser-Distanzsensoren

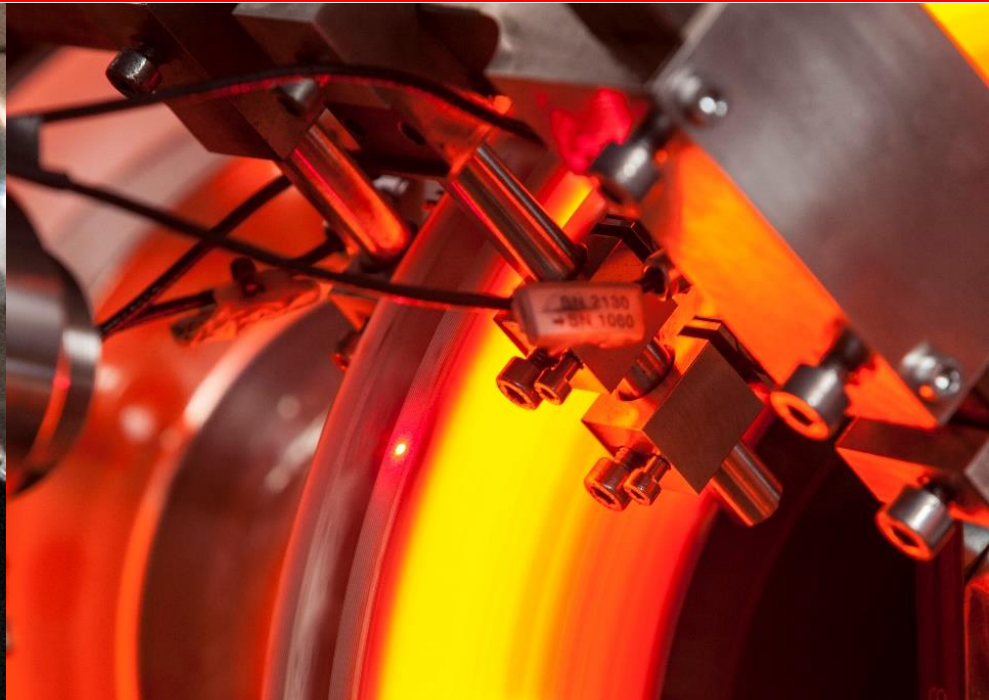


# Kapazitive Sensoren

## capaNCDT

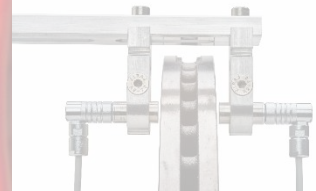






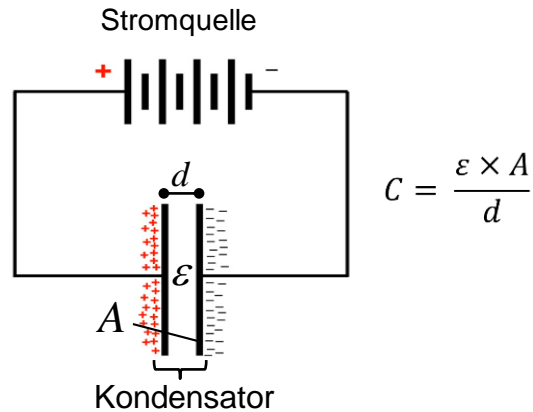
## Messung der Disk Thickness Variation (DTV)

- Dynamische, hochpräzise und mehrspurige Dickenmessung
- Messung von glühendem Material dank hoher Temperaturstabilität



## Grundprinzip des Plattenkondensators

→ Erzeugung eines elektrischen Feldes zwischen Sensor und Messobjekt

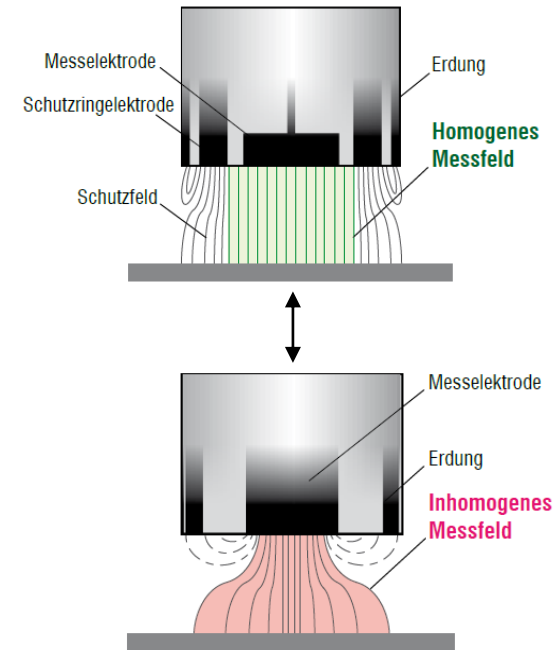
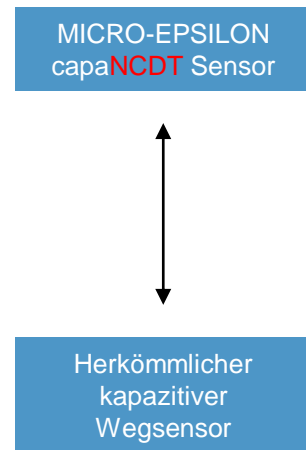


$$C = \frac{\varepsilon \times A}{d}$$

$C$  = Kapazität  
 $\varepsilon$  = Dielektrikum im Messspalt  
 $A$  = Messfläche bzw. Sensor  
 $d$  = Abstand/Messbereich

## Triaxiales Sensordesign

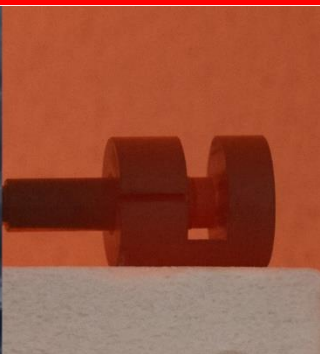
→ Bessere Linearität



# Vorteile



Exzellente Temperaturstabilität



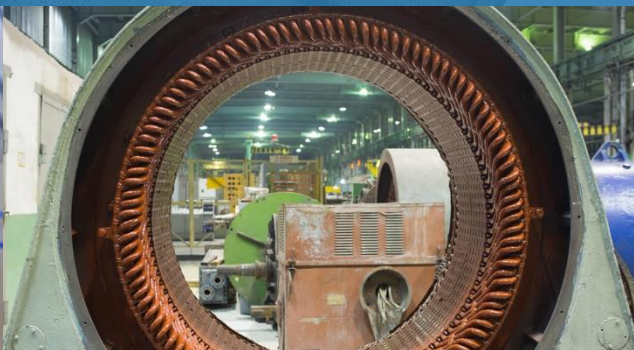
Vakuum- und Reinraumfähigkeit



Stabilität und Präzision bis in den Subnanometerbereich



Umfangreiche, untereinander kompatible Produktpalette und Hot-Swap-Fähigkeit



Hohe Störsicherheit bei Magnetfeldern



Modulare, synchronisierbare Systeme mit integrierter Dickenverrechnung



# Einschränkungen

- Messobjekt muss geerdet sein
- Keine Sensoren für Hochdruckanwendungen
- Möglicher Einfluss von nicht-leitendem Material zwischen Sensor und Messobjekt



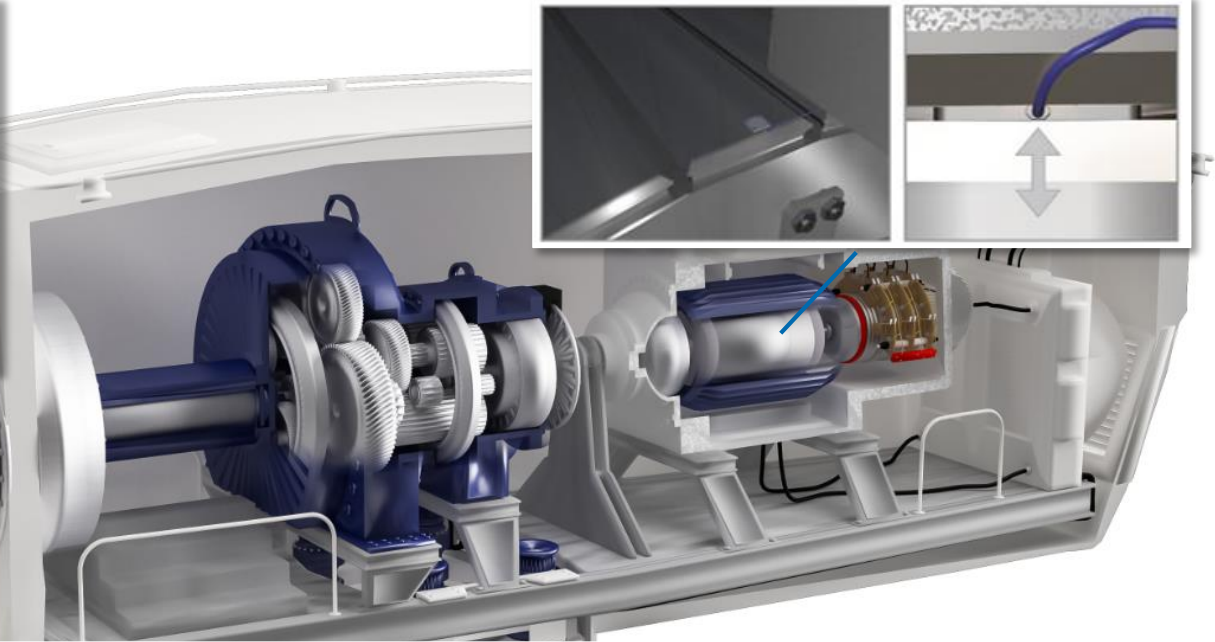
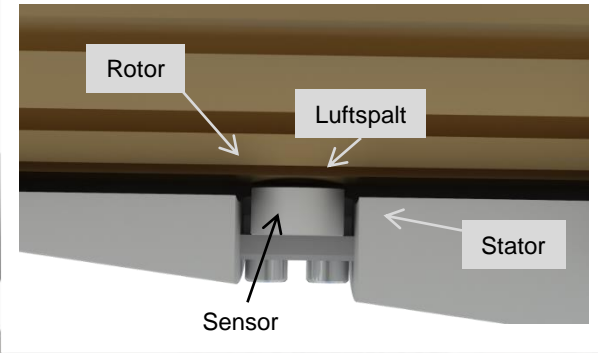


**Vielfalt**

**Volle Kompatibilität**

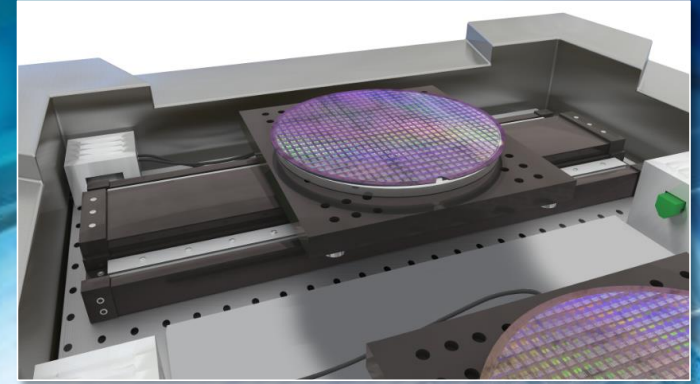
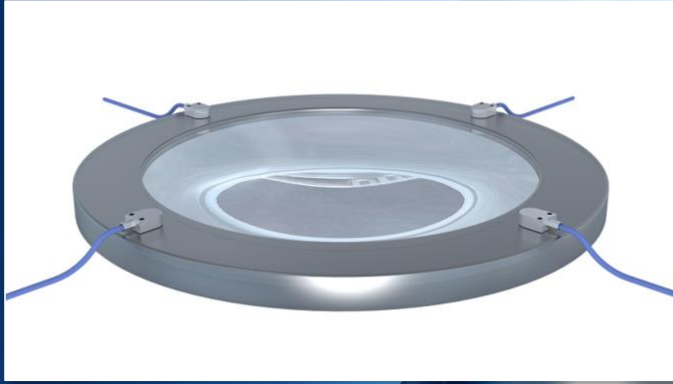
**Plug & Play**

**Kleinste Sensoren  
weltweit**



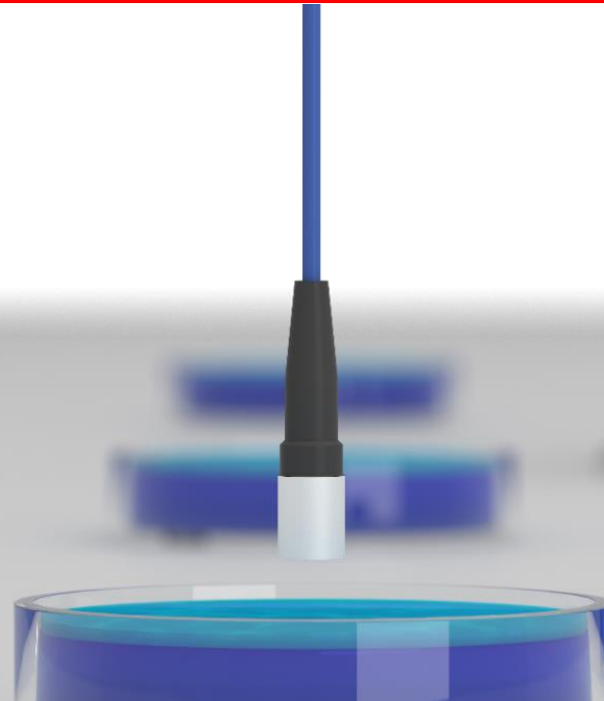
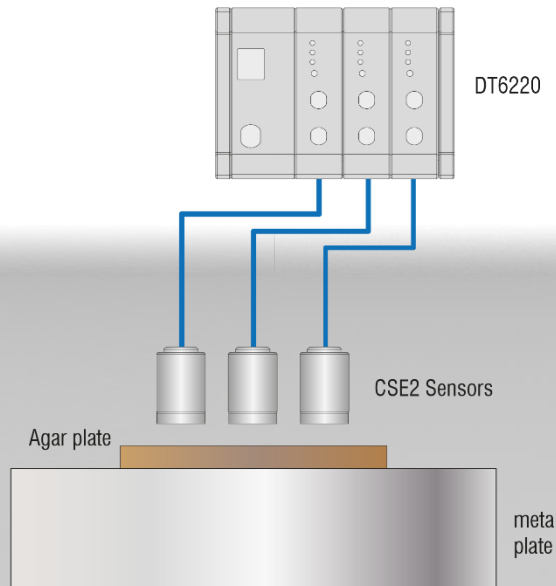
## Messung des Läuferpals im Windkraftgenerator

- Höchste Genauigkeit in rauen Umgebungen
- Stabile Messung auch bei magnetischen Begleitfeldern



## Feinpositionierung von Linsensystemen und Waferplattformen

- (Sub-)Nanometer-Anpassungen bei Objektiven und Produktionsmaschinen
- Stabile Ergebnisse bei hohen Beschleunigungen, starken Magnetfeldern und UHV



## Berührungslose Höhenmessung von Nährmedien in der Petrischale

- Stabile Messung auf Flüssigkeiten
- Einfache Integration und keine optischen Artefakte

- Weltweit größte Kombinationsvielfalt von Sensoren, Kabel und Controllern
- Modernste modulare Controller-Technologie mit vielen digitalen Schnittstellen
- Messungen sowohl auf elektrischen Leitern als auch Isolatoren
- Auflösung bis in den Subnanometerbereich
- Höchste Präzision und Signalstabilität
- Hohe Störsicherheit bei Magnetfeldern
- Für den Einsatz im Vakuum und Reinraum geeignet
- Hochpräzise auch bei extremen Temperaturen



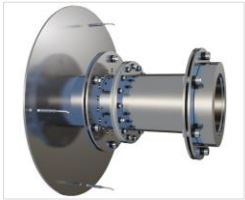


# Wirbelstromsensoren

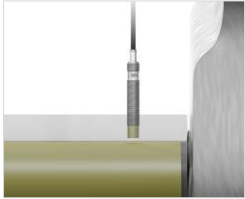
## eddyNCDT



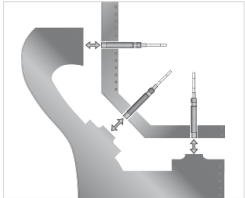
# Anwendungsbeispiel



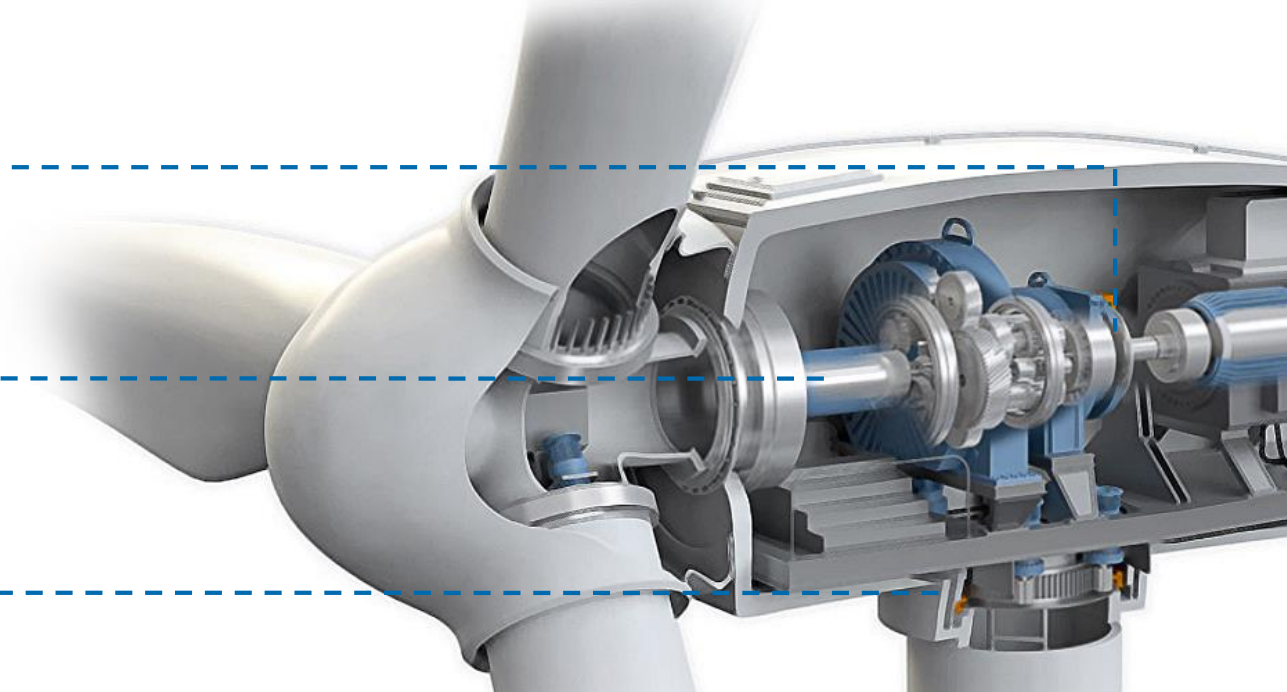
*Wegmessung an der  
Getriebekupplung*



*Ölspaltmessung an  
der Antriebswelle*

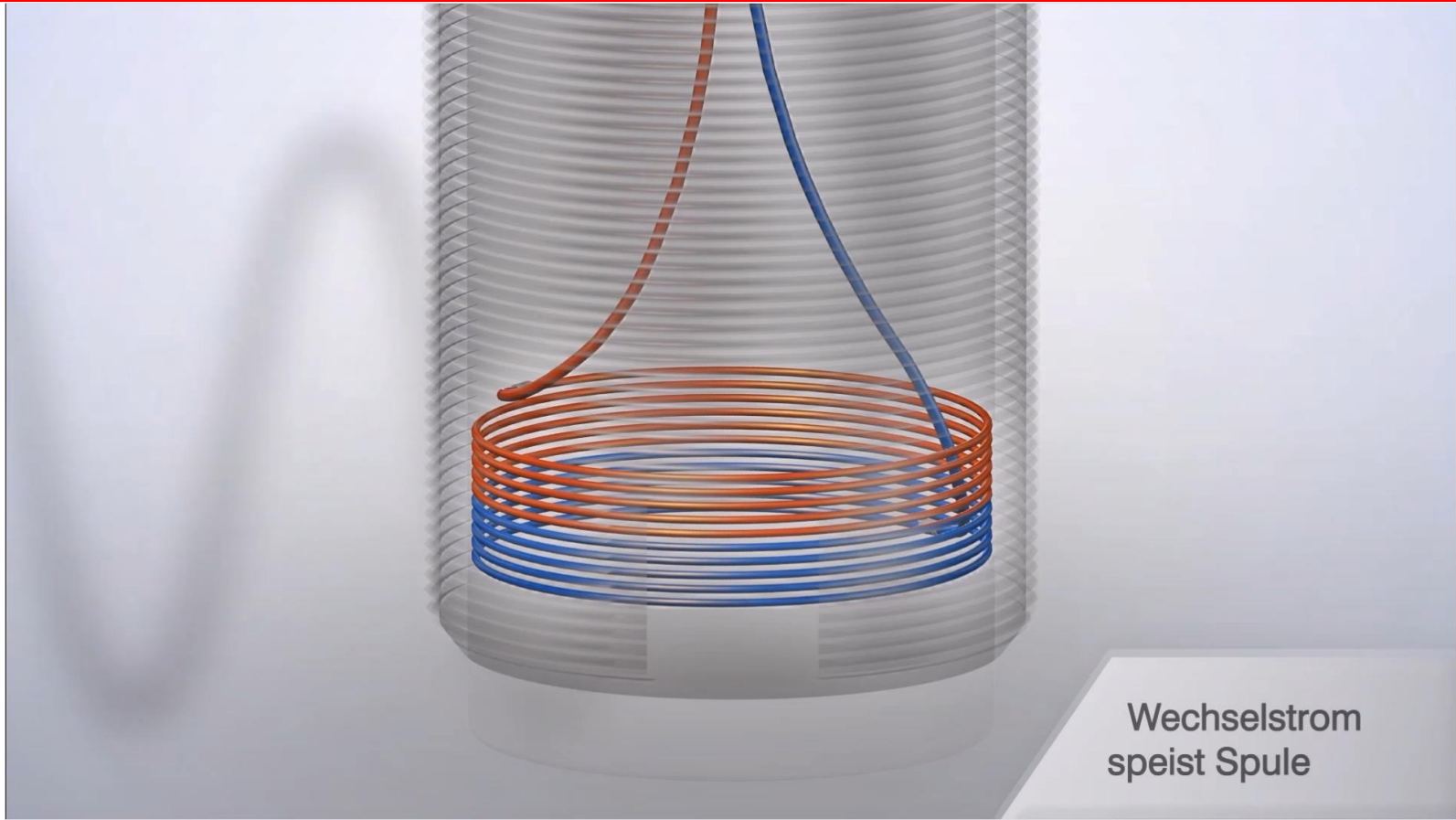


*Stützmomente  
an der Gondel*



## Predictive Maintenance in Windkraftanlagen

- Spalt- und Verschleißmessungen
- Landzeitstabile Messungen an Welle, Generator und Turm



Wechselstrom  
speist Spule

# Die wichtigsten Vorteile

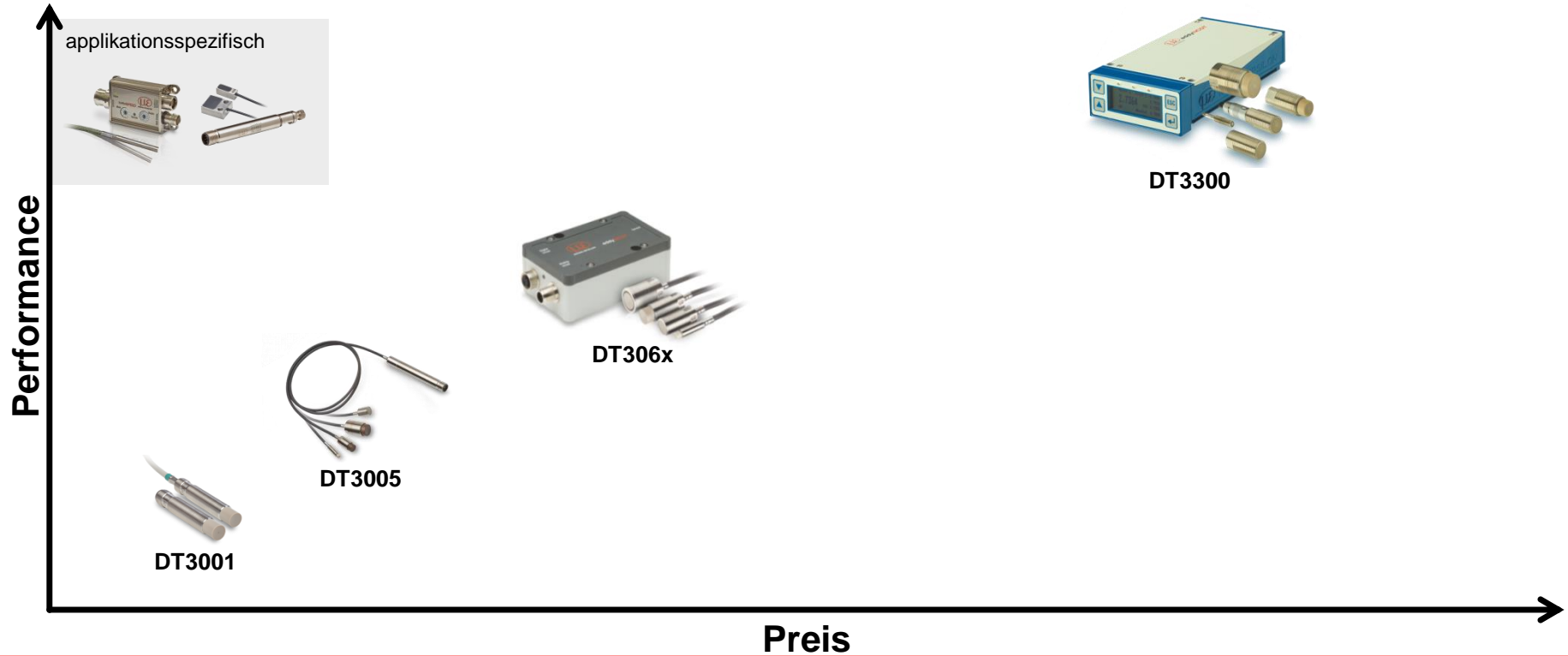
- Umfangreiche, anpassbare Modellpalette  
(> 400 Sensormodelle, Baugrößen < 2 mm)
- Unempfindlich gegenüber Medien im Messspalt  
(anspruchsvolle industrielle Umgebungen: IP68, bis zu 2000 bar)
- Beste Temperaturstabilität weltweit
- Exakte Auflösung bis in den Nanometerbereich
- Messung extrem schneller Vorgänge  
( $f_g = 100$  kHz)
- Werkskalibriert für Stahl oder Aluminium  
(Feldkalibrierung beim Kunden möglich)



# Die wichtigsten Einschränkungen

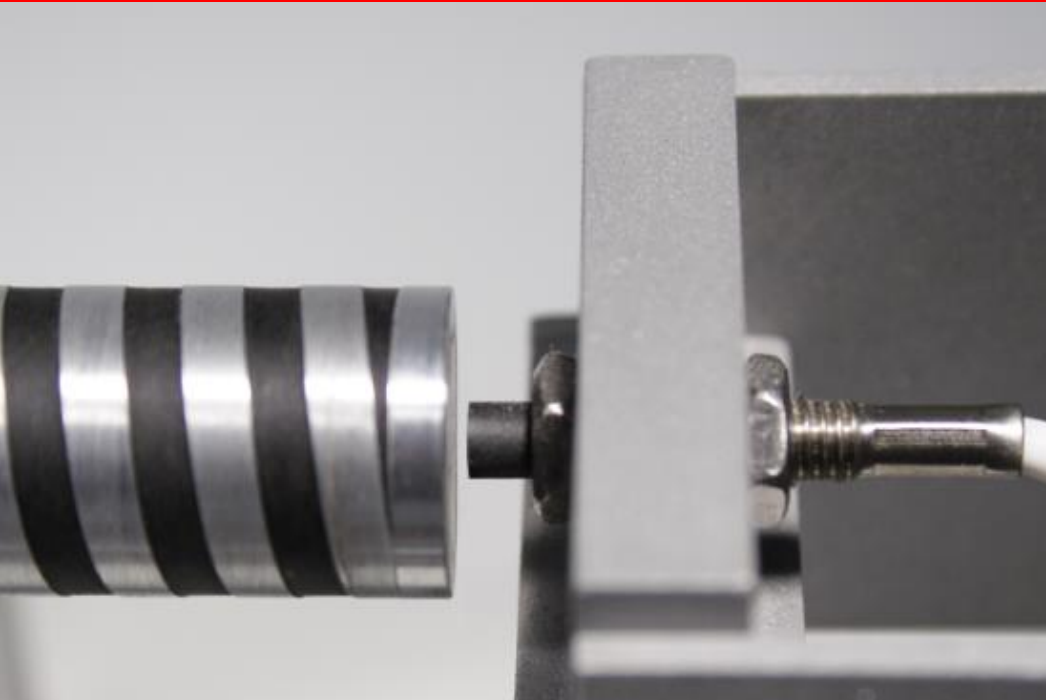
- Elektrisch leitfähiges, metallisches Messobjekt erforderlich
- Keine Messung von Isolatoren
- Maximale Kabellänge begrenzt
- Feldkalibrierung für hohe Performance empfohlen





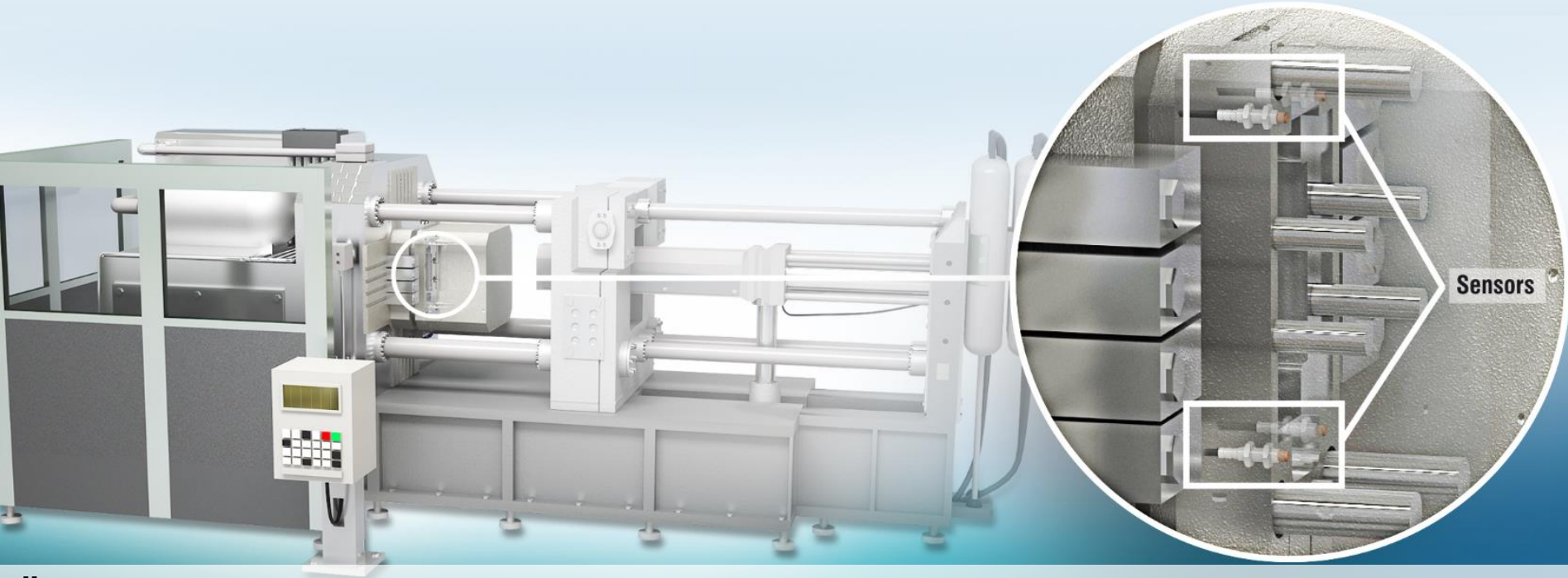
Messbereich: 0,4 ... 80 mm; Grenzfrequenz: bis 100 kHz; Auflösung: ab 0,002 % d. M.





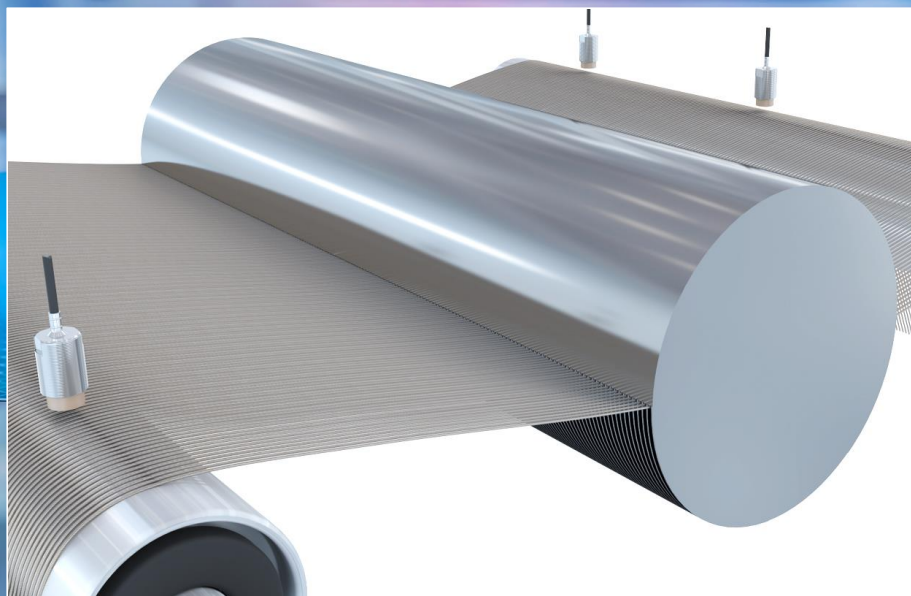
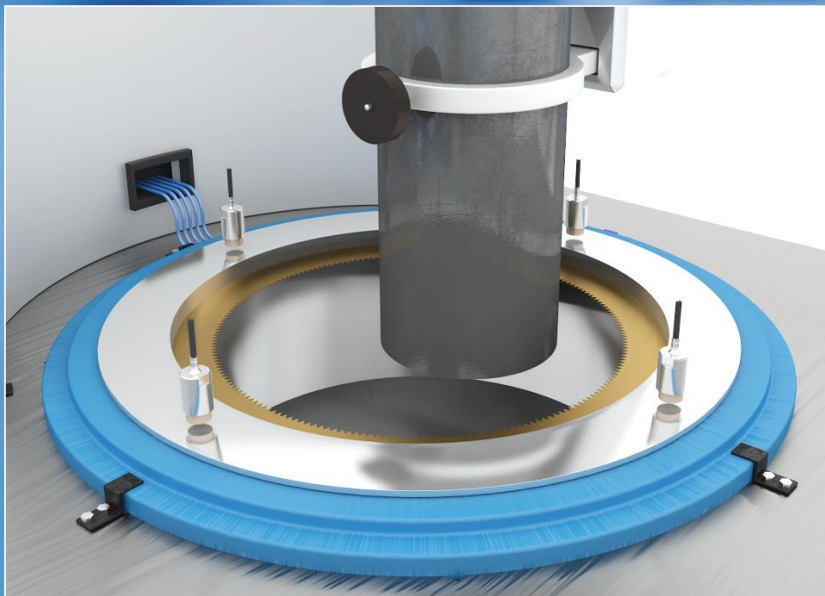
## Kontrolle des Rundlaufs und der Ausdehnung von Wellen

- Unwucht, Exzentrizität oder Bewegungen im Submikrometerbereich
- Hohe Dynamik dank schneller Messung



## Überwachung der Werkzeugatmung im Aluminium-Druckguss

- Temperaturen  $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$  am Sensor
- Vibrationsbelastung, mögliche Druckausübung und schmutzbehaftetes Umfeld



## Qualitätskontrolle bei der Waferherstellung

- Überwachung der axialen Bewegung von Innenlochsägen
- Überwachung der Durchbiegung von Drahtsägen

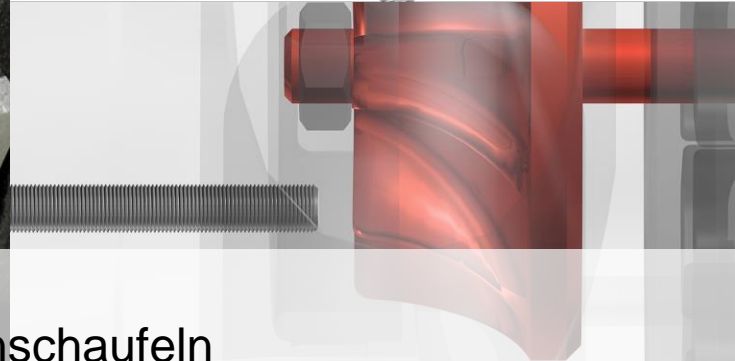
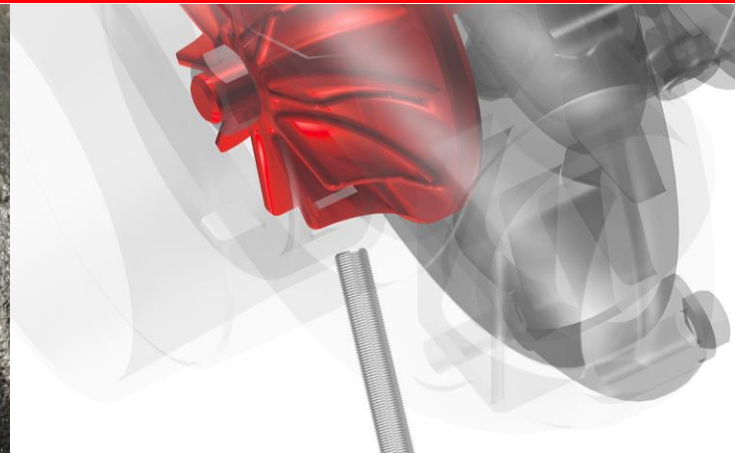
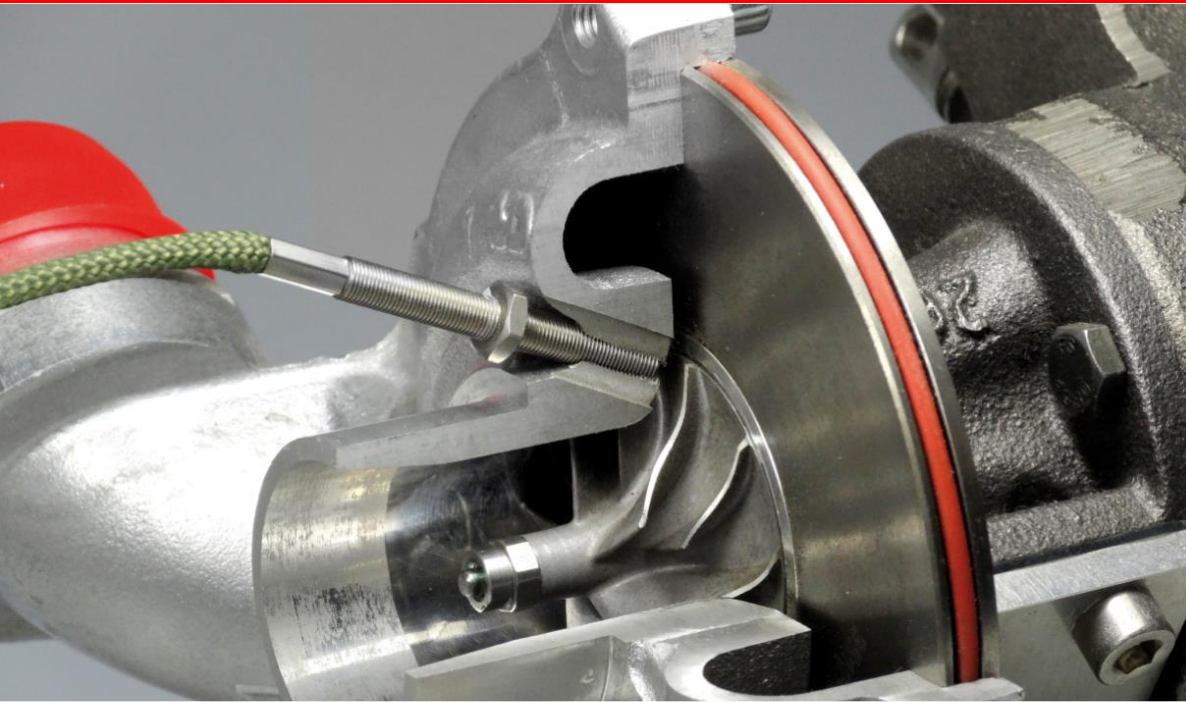


Photo by John McArthur on Unsplash



## **Sicherheit und Langzeitstabilität im Serieneinsatz (ca. 70 Sensoren / Flugzeug)**

- Kontrolle der Landeklappen-, Fahrwerks- und Türverriegelungsposition
- Jahrzehntelange Liefersicherheit



## Hochpräzise Messung am Verdichter (Turbolader)

- Geschwindigkeitsmessung an Aluminium- und Titanschaukeln
- Im Motorraum oder Prüfstand

# Zusammenfassung

- Berührungslose Messung von Weg, Abstand und Position auf ferromagnetischen und nicht-ferromagnetischen Materialien
- Vielfältige Einsatzmöglichkeiten dank umfangreichem Produktportfolio
- Stabile Messergebnisse in allen Umgebungen (Öl, Druck, Temperatur)
- Hohe Auflösung und Temperaturstabilität
- Hohe Grenzfrequenz für schnelle Messungen
- Robuste und industrietaugliche Sensorbauformen
- Kundenspezifische Sensoren und Controller





# Lineare induktive Sensoren

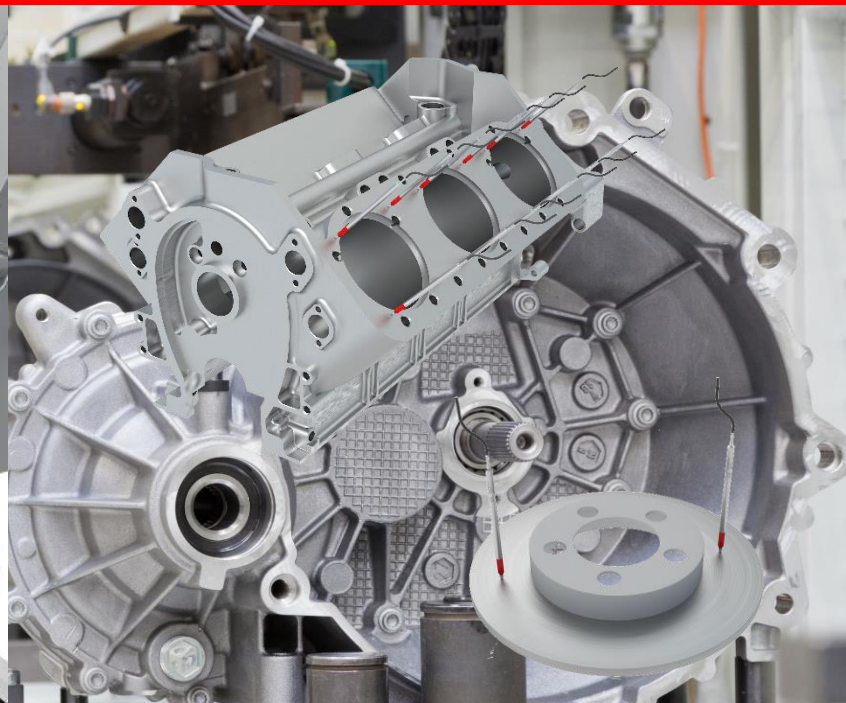
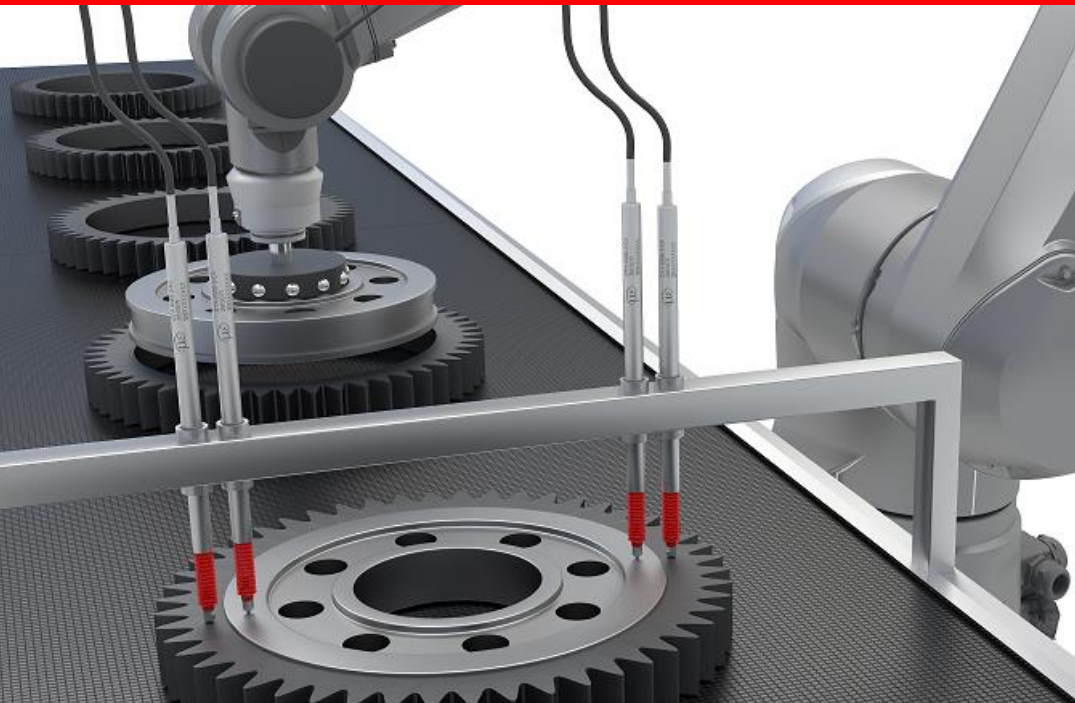
## induSENSOR



EtherNet/IP<sup>®</sup>  
PROFINET<sup>®</sup> EtherCAT<sup>®</sup>

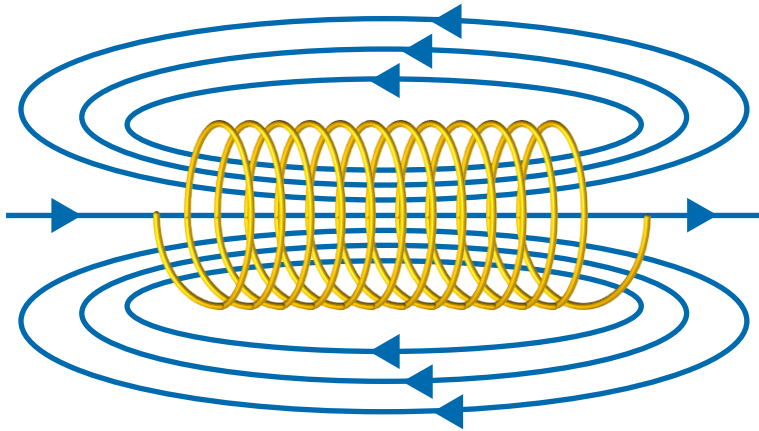


# Anwendungsbeispiel



## Automatisierte Qualitätsprüfung

- In Forschung, Entwicklung und Produktionsüberwachung
- Durchbiegung, Planarität, Verzug, Einpresstiefe, Dimensionierung usw.



## LVDT

Ferromagnetischer Kern überträgt  
dargestelltes Feld auf andere Spulen

## LDR

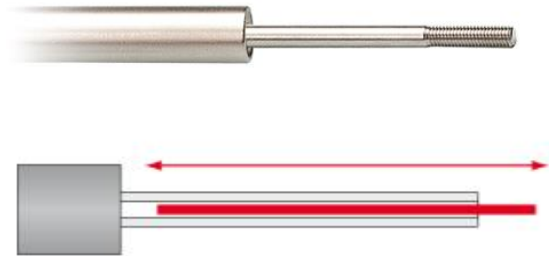
Ferromagnetischer Kern verändert  
Impedanz der Spulen

## EDS

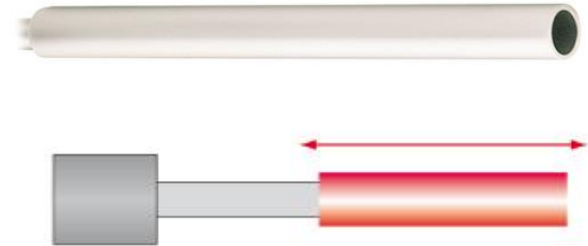
Leitfähiges Alu-Rohr bedämpft das  
dargestellte Feld  
=> vgl. eddy **NCDT**

## Zwei unterschiedliche Grunddesigns des Targets

Stößel / Tastspitze



Rohr



## Allgemein

- Großteils wartungs- und verschleißfrei
- Robustheit in rauen Umgebungsbedingungen
- Modulares Design
- Kostengünstig anpassbar in Großserien
- Vielseitigkeit durch analoge und digitale Schnittstellen
- Ein- bis Multi-Kanal-Systeme

## *LVDT/LDR*

- Reproduzierbares, stabiles Sensorsignal
- Hervorragende Nullpunktstabilität
- Universell einsetzbar

## *EDS*

- Sehr gutes Verhältnis von Messbereich zu Baugröße
- Schock- und vibrationsbeständig



# Einschränkungen

- Baugröße in Relation zum Messbereich
- Keine Messung auf das Objekt selbst  
(Target ist am Objekt zu befestigen)
- Genauigkeit  
(übliche Linearität:  $\pm 0,3$  % d.M.)
- Taster verschleiß- bzw. zyklenbehaftet



*Messtaster mit  
abgesetztem Controller*



**DTA Messtaster**

*Wegsensoren mit  
abgesetztem Controller*



**DTA Sensor**

**LVDT**

*Lineare Wegsensoren*



**LDR**

*Robuste  
Langwegsensoren für  
Hydraulik & Pneumatik*



**EDS**

*Sondersensorik*



**LVP / LDR**

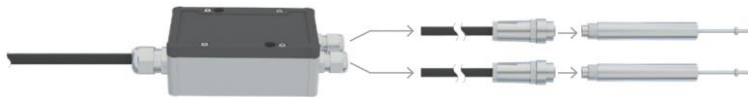
*Messbereich: 2 ... 630 mm; Grenzfrequenz: bis 20 kHz; Linearität: ab  $\pm 0,02$  % d. M.*

# Produktportfolio

## Ein-Kanal-Systeme



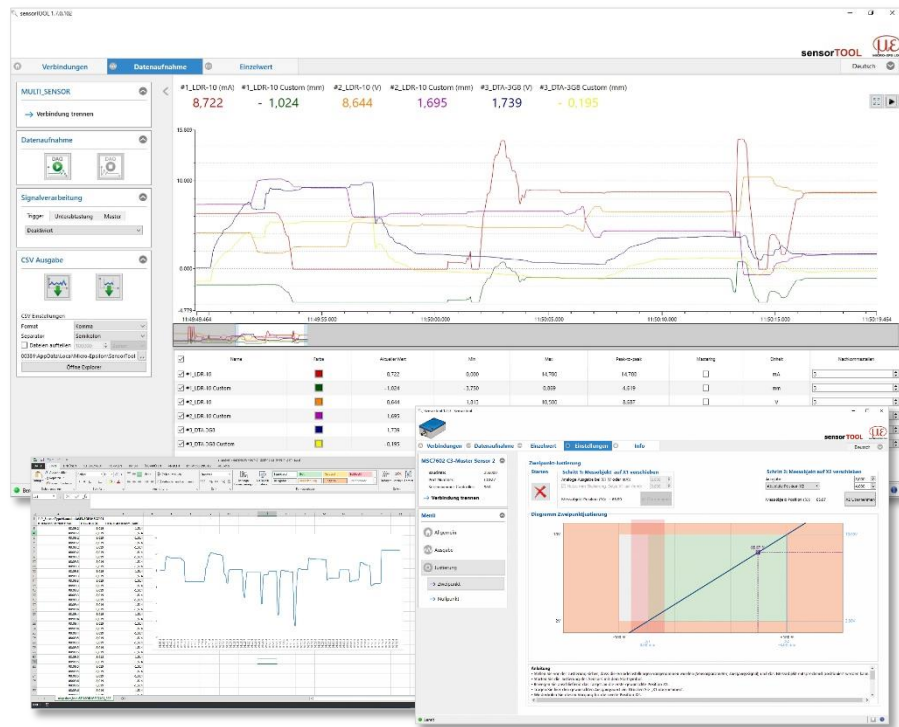
## Zwei-Kanal-Systeme



## Multi-Kanal-Systeme



## sensorTOOL



# Zusammenfassung

- Verschleiß- und wartungsfreie Weg- und Positionsmessung
- Kompakte Bauformen, ideal zur Integration in Maschinen
- Robuste und industrietaugliche Sensorbauformen
- Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis
- Ideal für den Serieneinsatz



# Seilzugsensoren

wire**SENSOR**





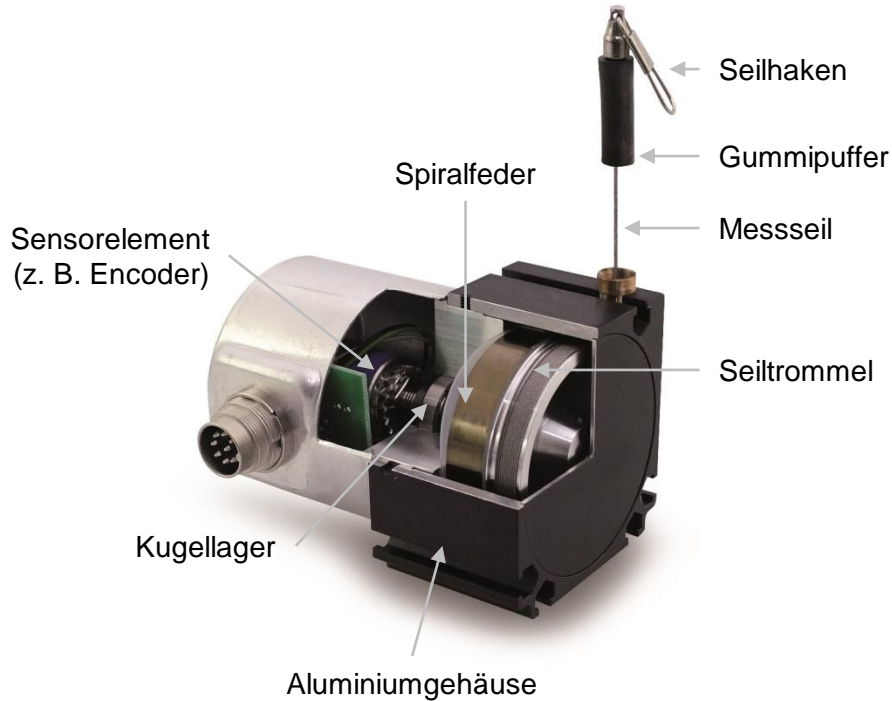
# Anwendungsbeispiel



## Einsatz in mobilen Maschinen (Positionierung, Höhenhubmessung)

- Verschiedene Messbereiche und analoge/digitale Ausgangsarten
- Zusatzausstattung für Zuverlässigkeit bei rauen Bedingungen (Heizung usw.)

## Umwandlung einer Linearbewegung in eine Drehbewegung



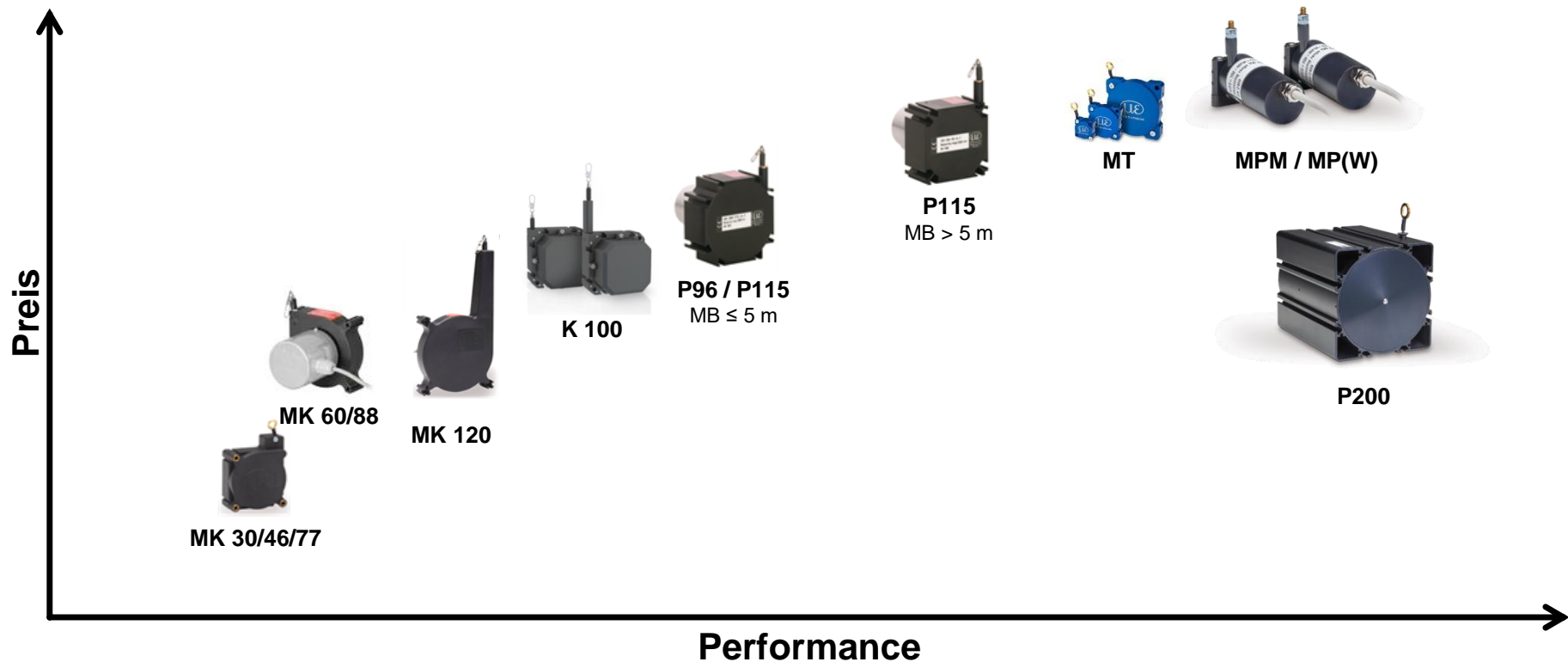
- Messbereich bis zu 50 m
- Hervorragendes Preis-Leistungs-Verhältnis
- Hohe Betriebssicherheit und Lebensdauer
- Einfache Montage
- Messung teleskopier- und umlenkbar
- Analoge und digitale Ausgänge
- Geringe Größe im Verhältnis zum Messbereich



# Einschränkungen

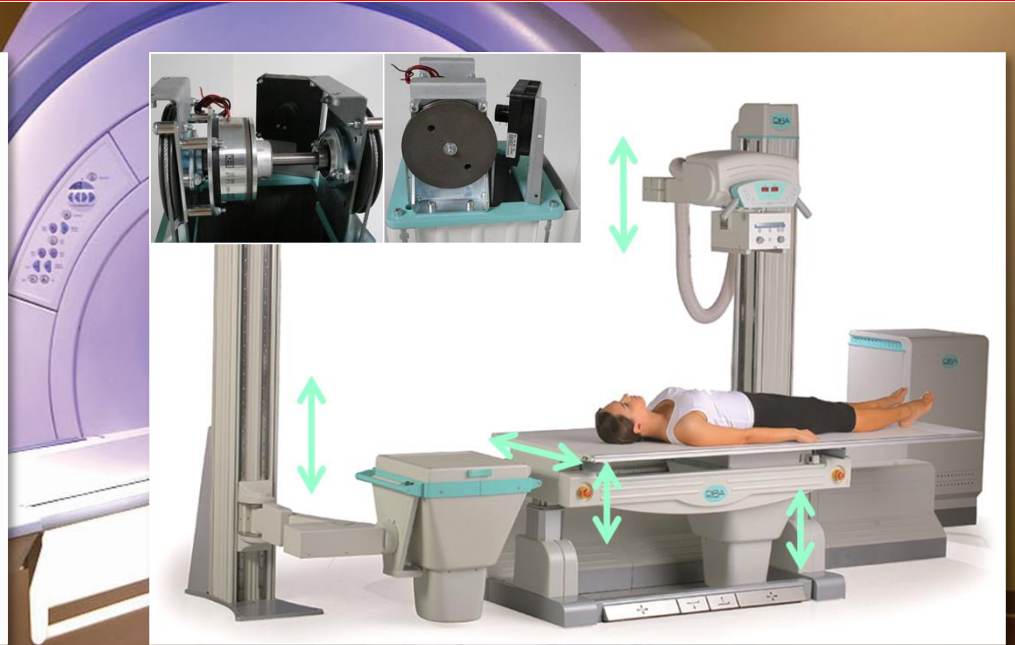
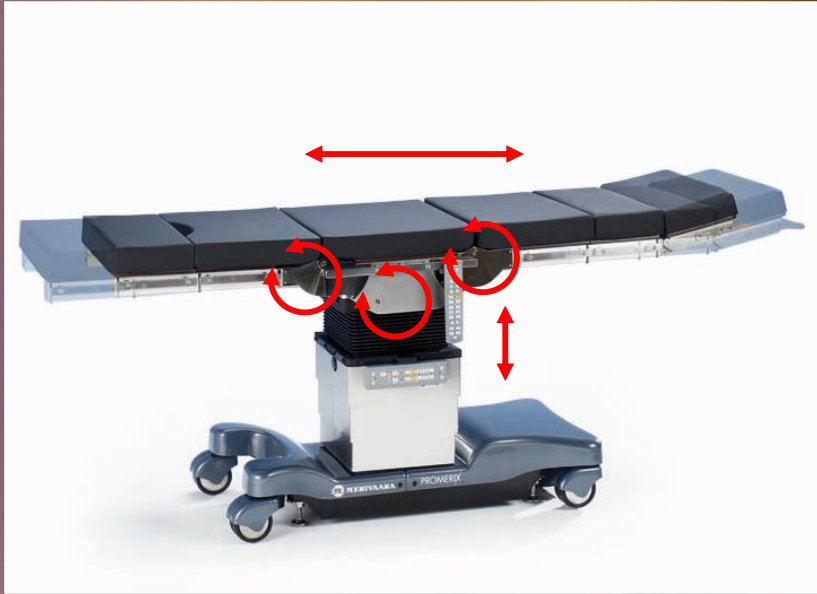
- Verschleiß
- Extreme Umweltbedingungen
- Begrenzte Dynamik
- Sehr starke Vibrationen





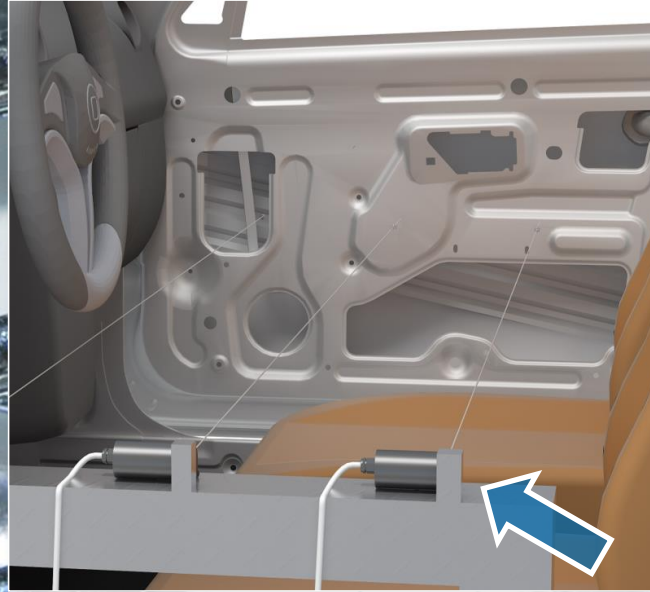
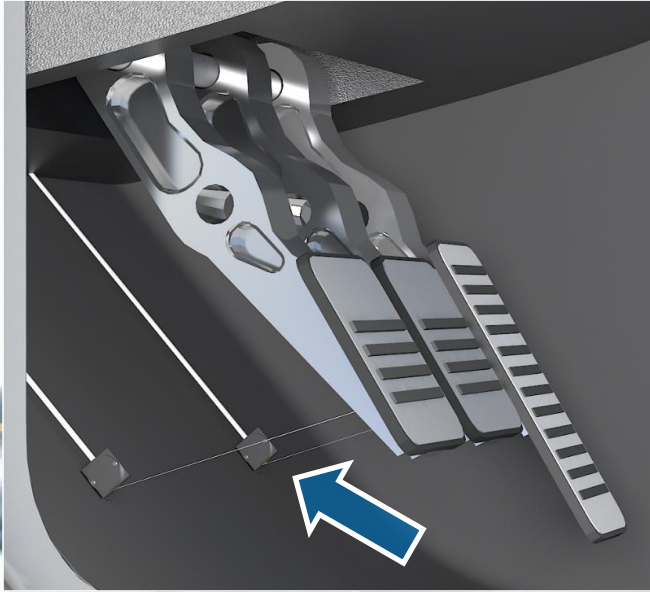
Messbereich: 40 mm bis 50 m; Seilbeschleunigung: bis 100 g; Linearität: ab ±0,01 % d.M.; Auflösung: gegen ∞





## Positionserfassung und -überwachung in der Medizintechnik

- Besonders kleine Bauformen und einfache Montage
- Hohe Zuverlässigkeit und lange Sensorlebensdauer



## Testmessungen im Fahrversuch

- Geringer Platzbedarf mit großen Messbereichen (teleskopierbar)
- Robuste Konstruktion, unempfindlich bei Schock und Vibration





## Höhen- und Gleichlaufüberwachung in Teleskop-Bühnen

- Kompakte Bauform und einfache Montage
- Hohe Zuverlässigkeit und Standzeit

# Zusammenfassung

- Messung von Weg, Abstand und Position bis zu 50.000 mm
- Ideal für schwer zugängliche Messstellen
- Einfache, schnelle und flexible Montage
- Ideal für kundenspezifische Ausführungen
- Kompaktes Sensorgehäuse bei gleichzeitig großem Messbereich
- Hohe Betriebssicherheit und lange Lebensdauer
- Analoge und digitale Ausgänge, Bus
- Auflösung gegen unendlich



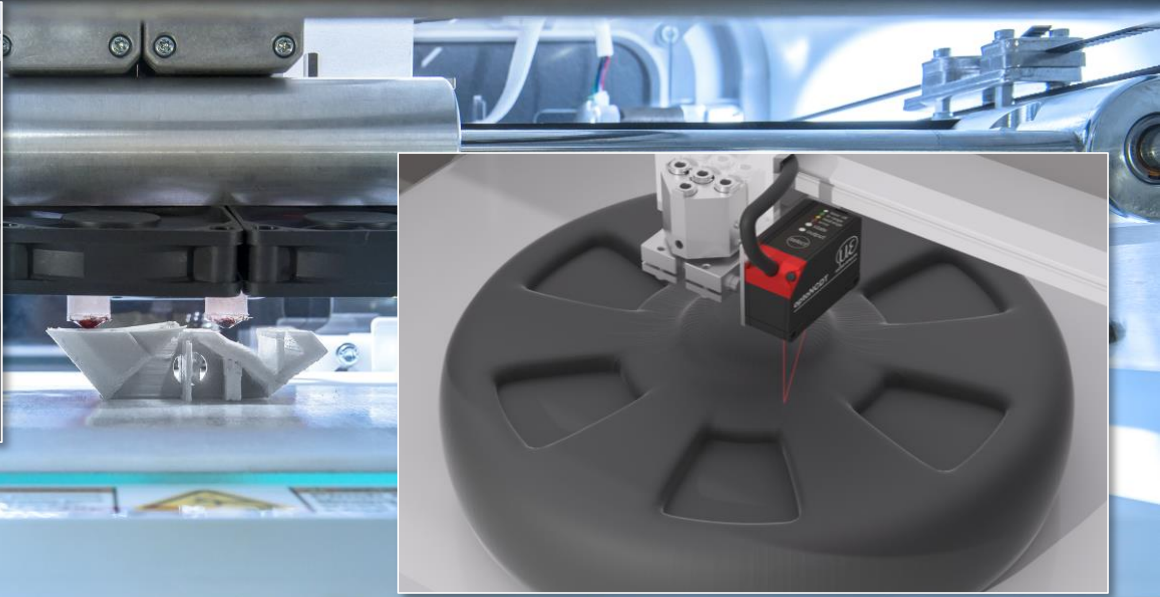
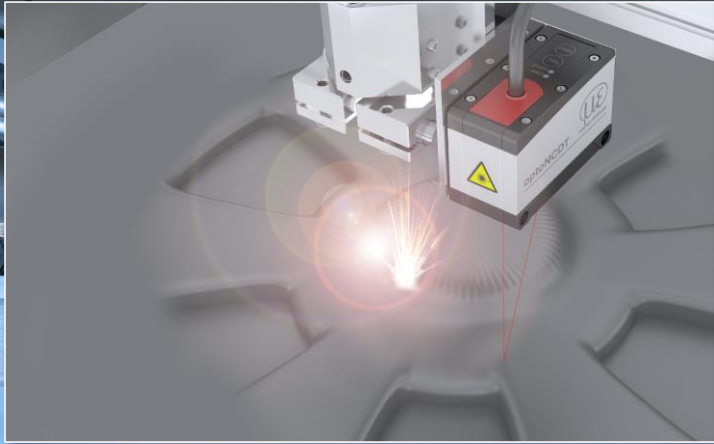
# Laser-Triangulationssensoren

optoNCDT





# Anwendungsbeispiel



## Druckkopfpositionierung und Fokusregelung in der additiven Fertigung

- Präzise Messergebnisse unabhängig von der Oberflächenreflektion
- Kontrolle der fehlerfreien Ausführung bzw. der Qualität

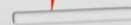
Platine mit Controller

Laserdiode



Empfängerelement

0 mm



Optik mit  
Interferenzfilter

- Weltweit größte Auswahl von Gateway bis zu High-Performance Modellen
- Kompakt, leicht und mit integriertem Controller
- Messbereiche von 2 mm bis 1 m (Offset bis zu 1 m)
- Hohe Genauigkeit und Messrate für höchste Anforderungen
- Zuverlässigkeit auf allen Oberflächen
- Lichtfleck oder -linie (over the edge) mit Laser-Technologie (BL)
- Kalibrierung ab Werk
- Messung durch Glas

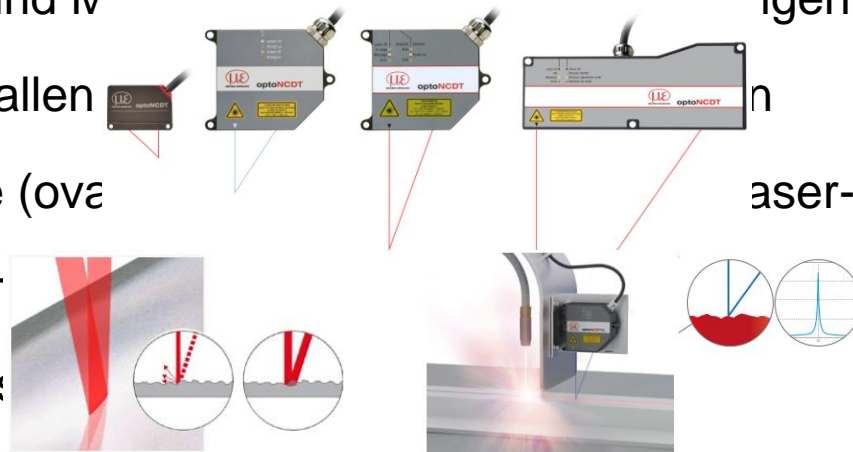
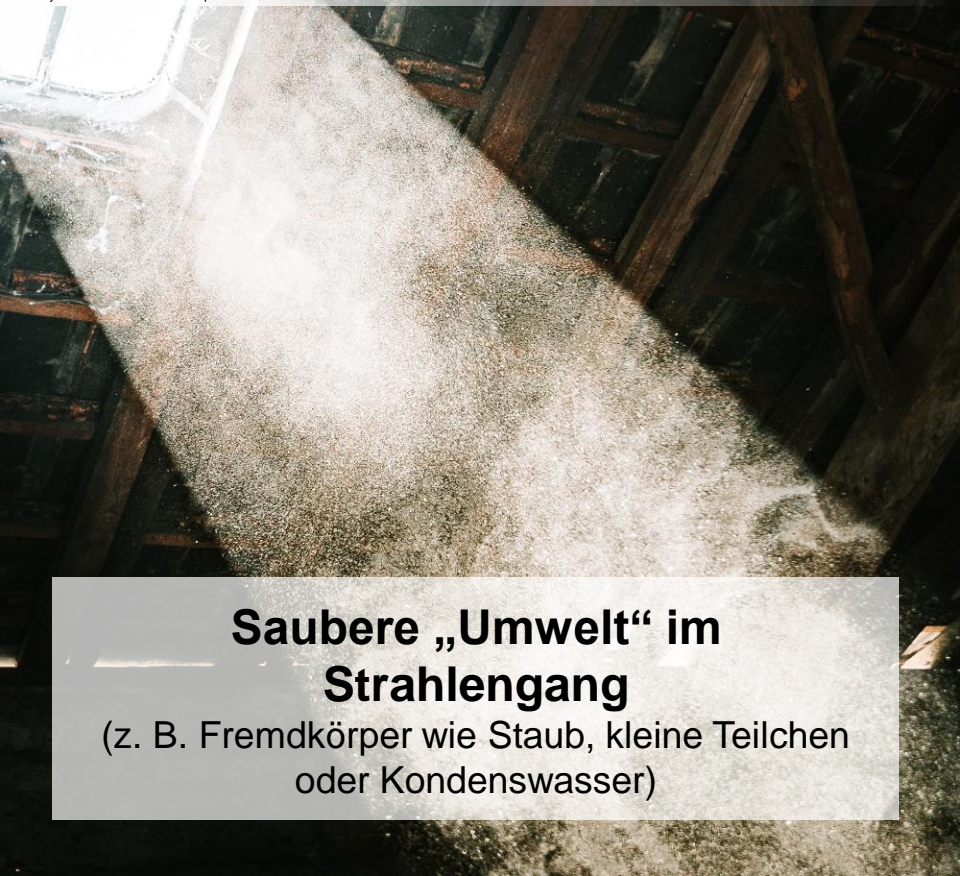


Photo by Mika Baumeister on Unsplash



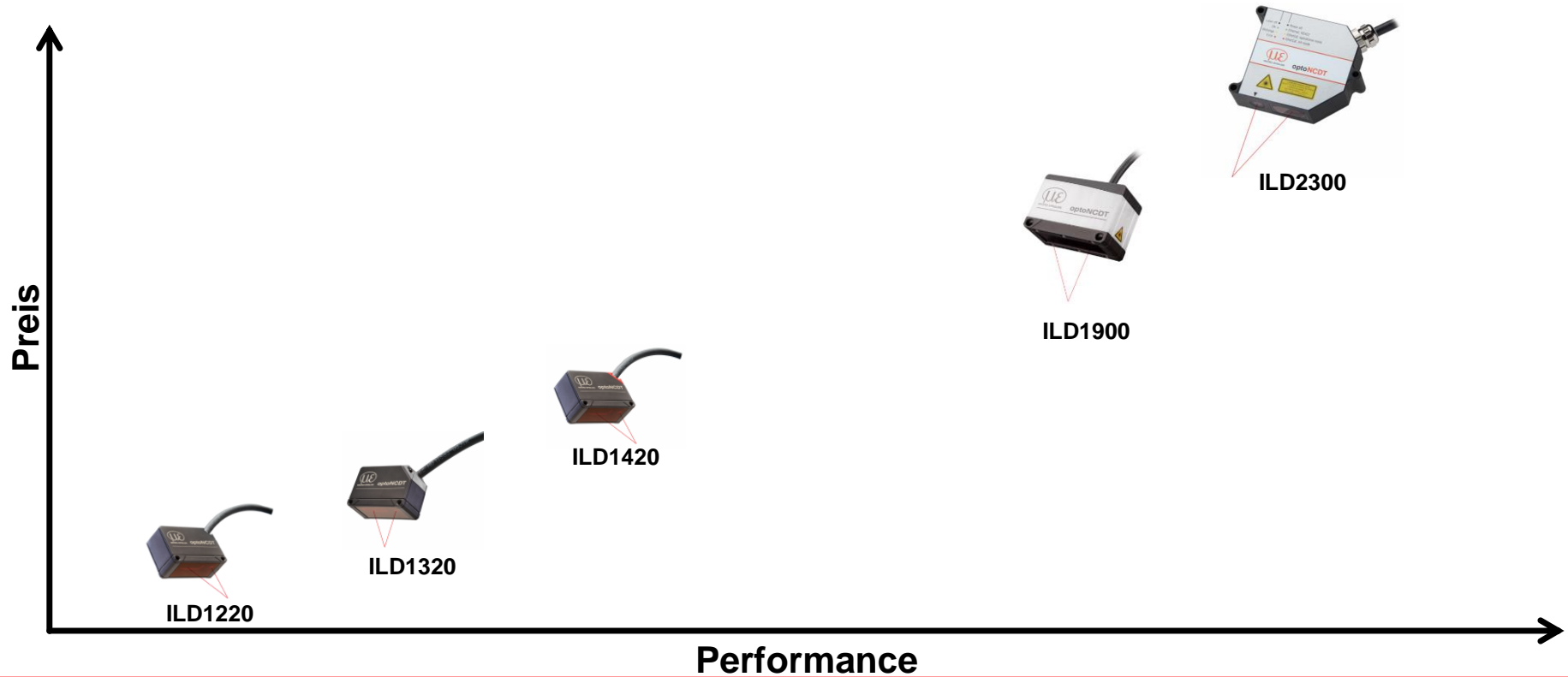
## Saubere „Umwelt“ im Strahlengang

(z. B. Fremdkörper wie Staub, kleine Teilchen oder Kondenswasser)



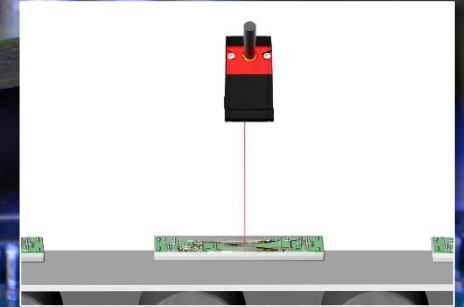
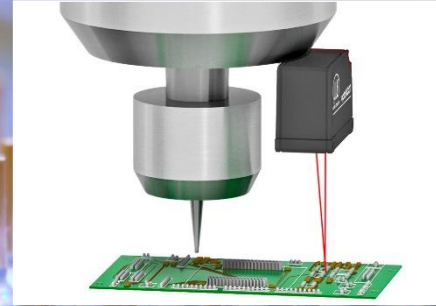
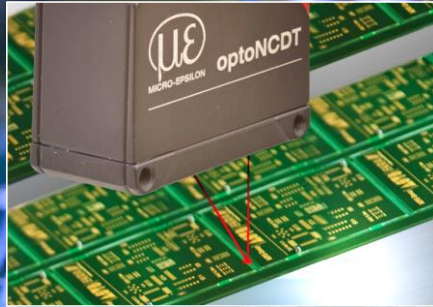
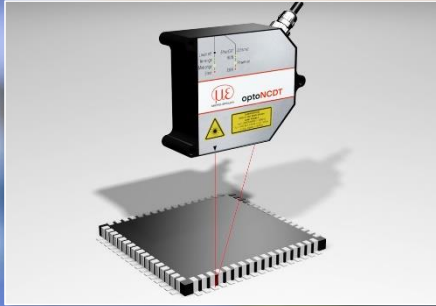
Umgebungstemperaturen über  
50 °C

Photo by Guido Jansen on Unsplash



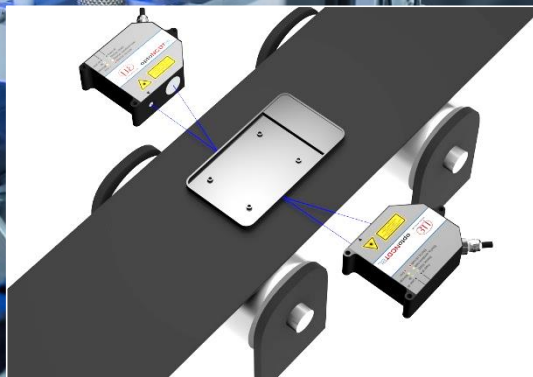
Messbereich: 2 ... 1000 mm; Messrate: bis 49,14 kHz; Linearität: ab 0,02 % d.M.; Reproduzierbarkeit: ab 0,1  $\mu$ m





## Kontrollaufgaben bei der Leiterplattenherstellung und Bestückung

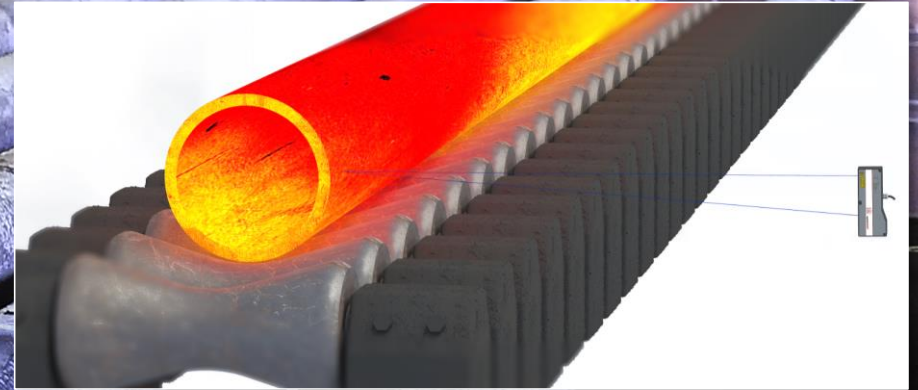
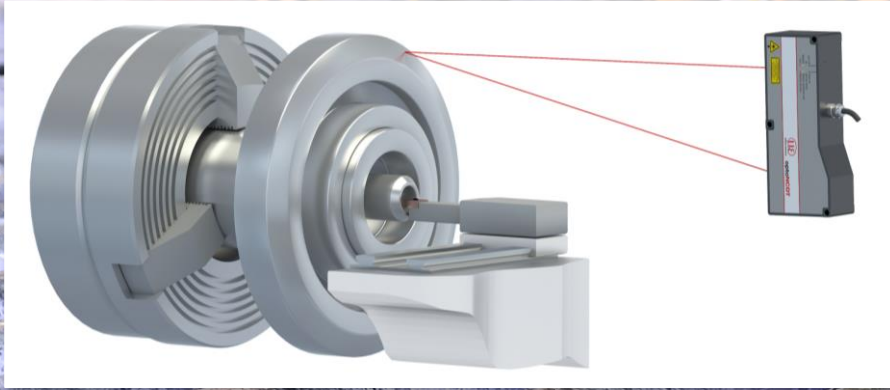
- Kleiner Messfleck und höchste Genauigkeit
- Hohe Messrate und Anpassung an wechselnde Oberflächen



## Qualitätssicherung in der Smartphone-Produktion

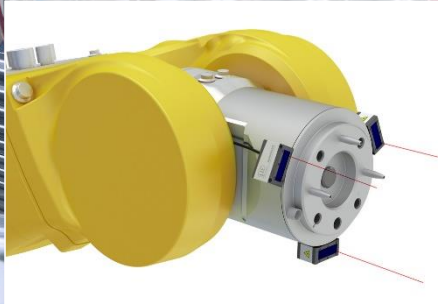
- Echtzeit-Daten (integriert oder über Modul) für SPS-Integration
- Blue-Laser-Technologie für stabile Messergebnisse auch auf transparente Objekte





## Prozessüberwachung bei der Herstellung und Bearbeitung von Metall

- Große Messbereiche und Grundabstände für hohe Genauigkeit aus sicherer Distanz
- Blue-Laser-Technologie für stabile Messergebnisse auf rot glühenden Metallen



## Steuerung, Überwachung und Qualitätskontrolle in der Montagelinie

- Genaue Messung aus sicherer Entfernung
- Hohe Messrate zur Überwachung schneller Prozesse (auch SPS-verknüpft)

# Zusammenfassung

- Messung von Weg, Abstand und Dicke auf zahlreichen Oberflächen
- Umfangreiches Produktportfolio mit zahlreichen Messbereichen
- Ideal für Automatisierung, Fertigungsüberwachung und Prüfstand
- Hohe Messgenauigkeit
- Ideal für Messaufgaben mit hoher Messrate
- Kompakte Bauform mit integriertem Controller
- Modelle mit integrierter Industrial Ethernet-Schnittstelle
- Einfache Bedienung über Webinterfaces



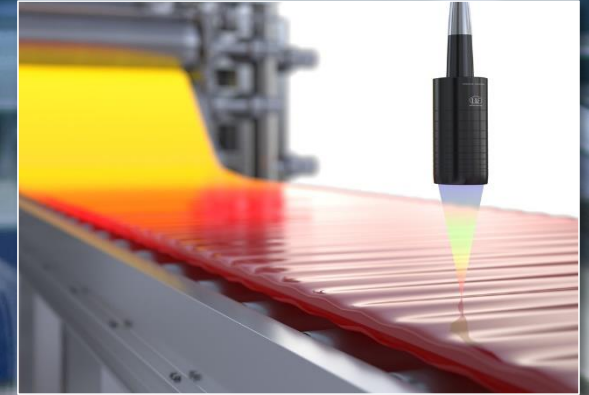
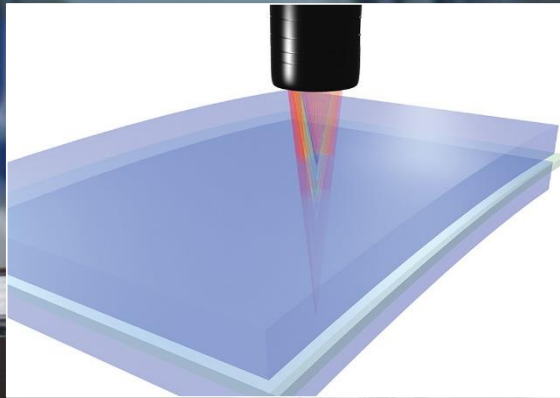
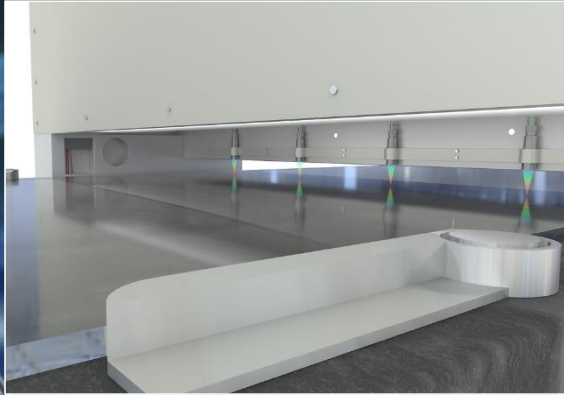


# Konfokal-chromatische Sensoren

## confocalDT



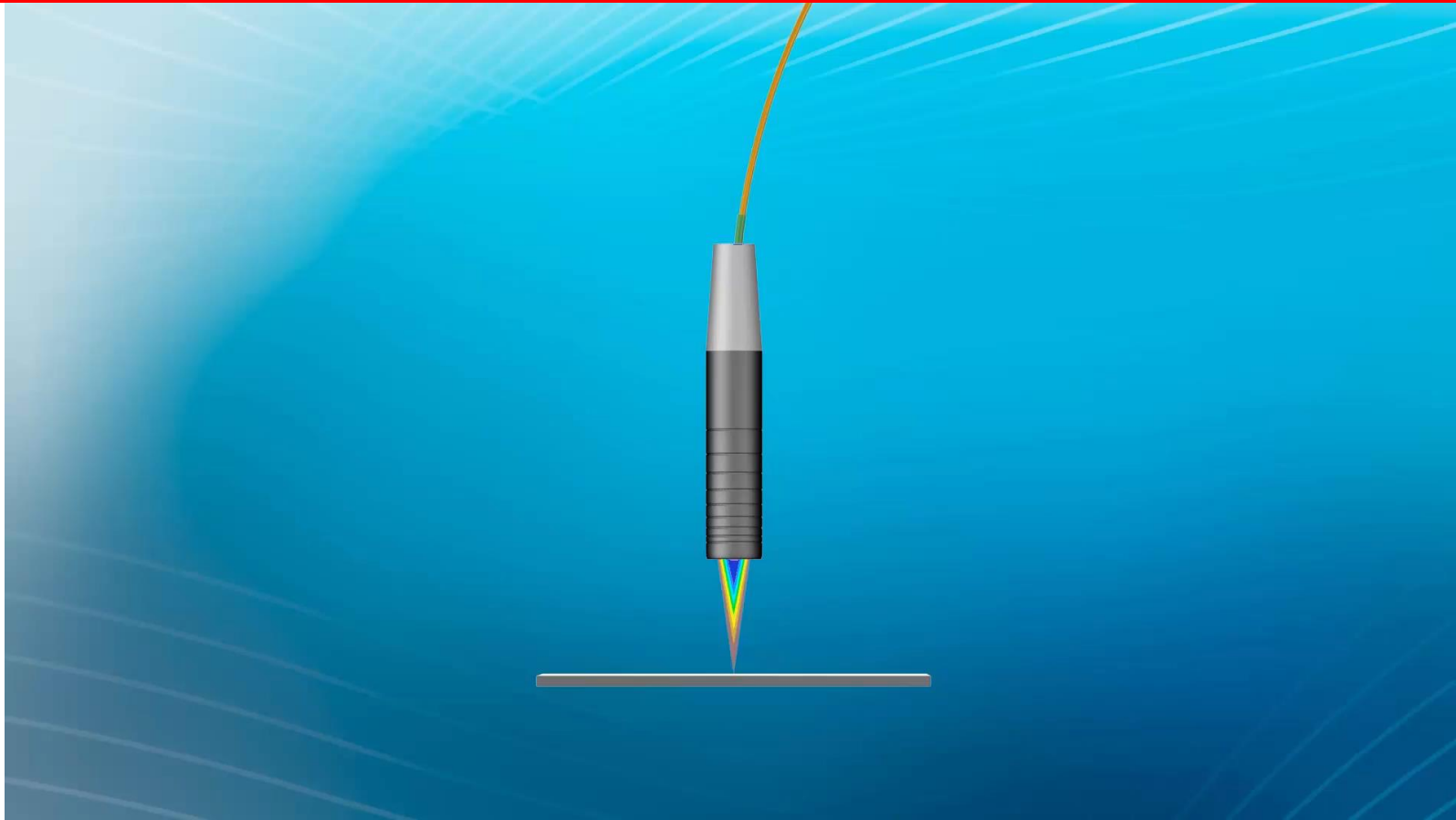
# Anwendungsbeispiel



## Qualitätssicherung und Prozesssteuerung bei der Herstellung von Flachglas

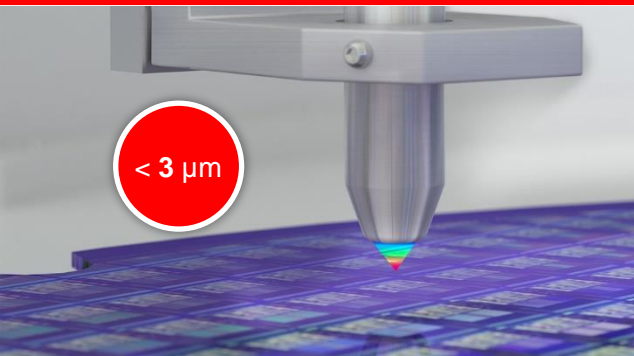
- Schnelle, einseitige Mehrschichtdickenmessung
- Erfassung von Foliendicke, Spaltmaßen, Klebeauftrag und Beschichtungstärke

# Messprinzip

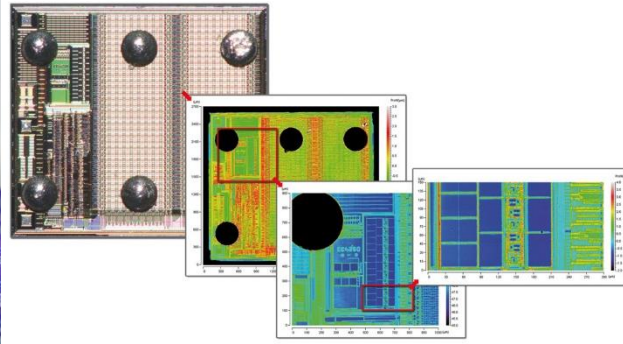




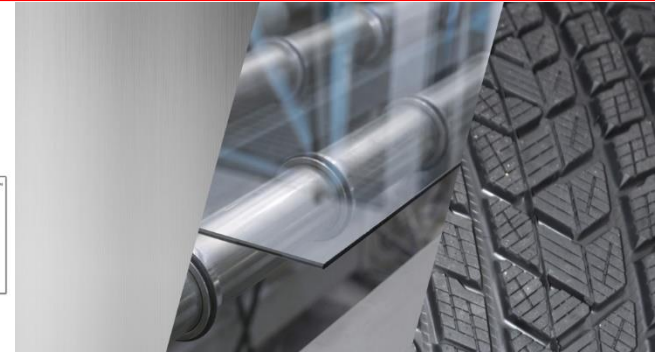
# Vorteile



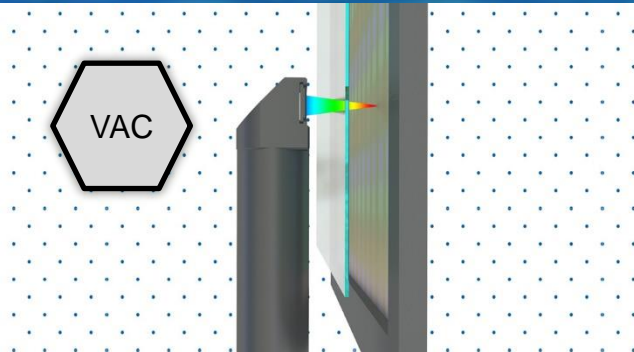
Kleinsten Lichtpunkt



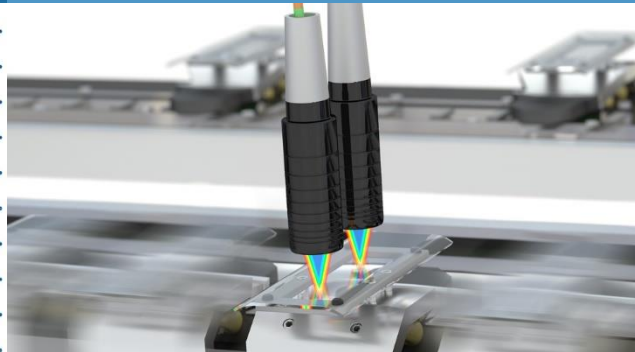
Nanometer-Auflösung



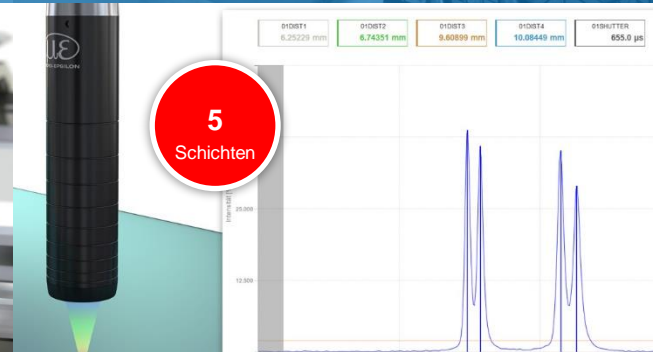
Oberflächenunabhängigkeit



Vakuumeinsatz



Hohe Dynamik



Einseitige Mehrschichtmessung

# Einschränkungen

- Max. zulässiger Verkippungswinkel bei spiegelnden Oberflächen
- Max. Controllertemperatur: 50 °C

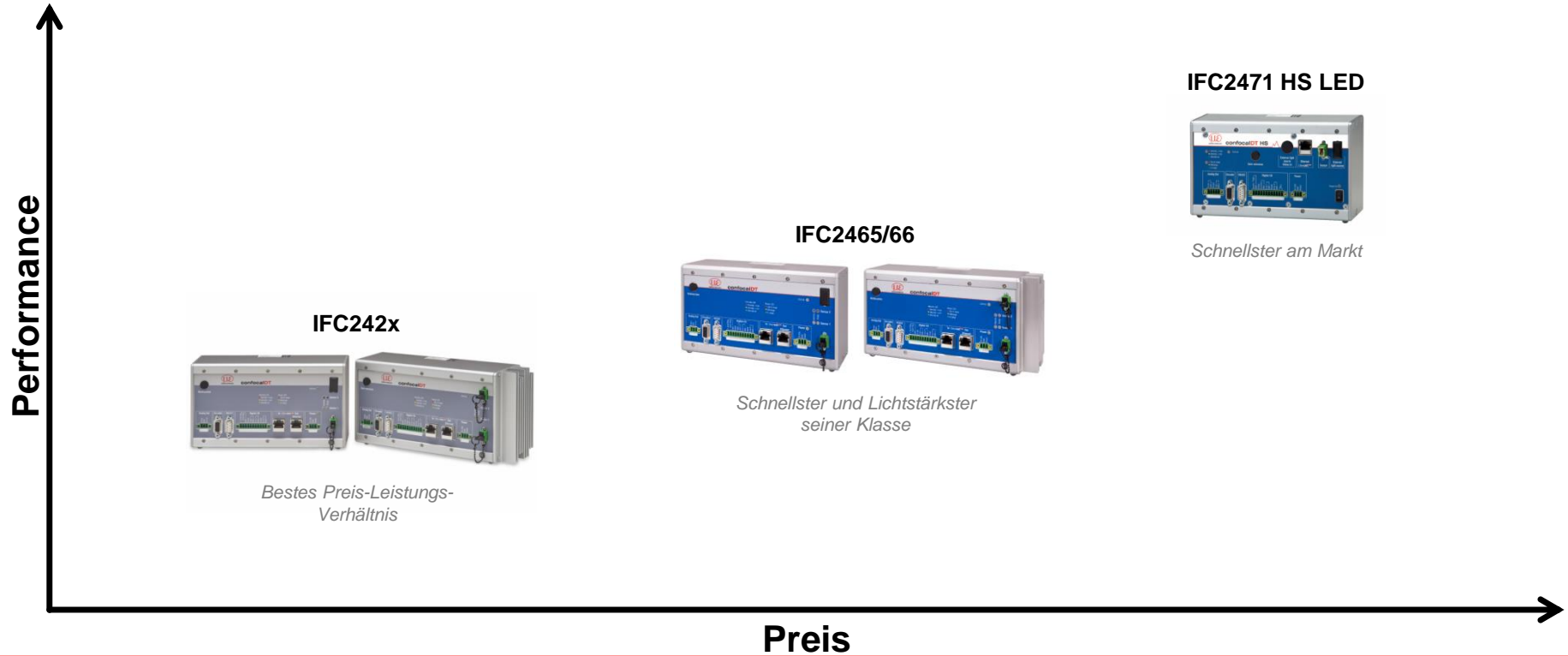
*Bei einseitiger Dickenmessung oder transparenten Materialien:*

- Dickenkalibrierung entsprechend des Brechungsindex
- Dicke des Messobjekts: min. 5% d. M. mit IFS2405

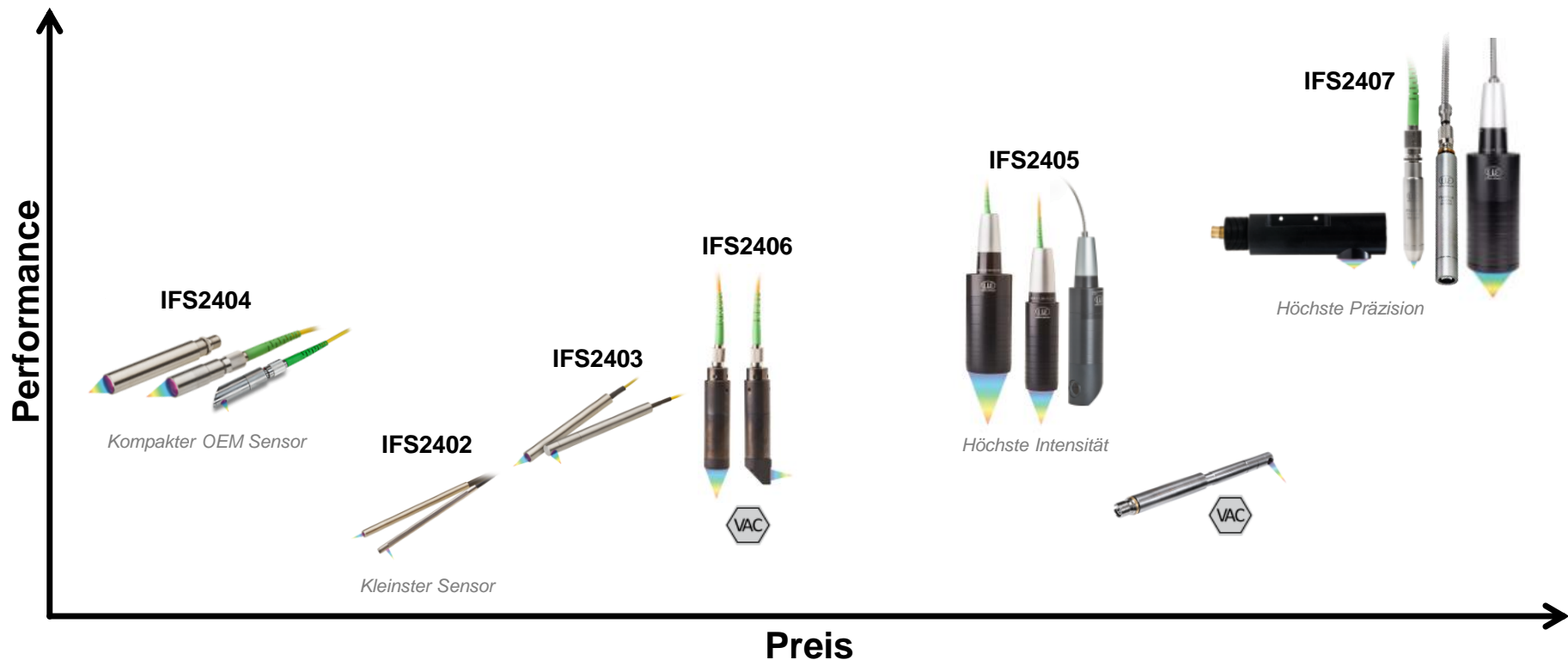


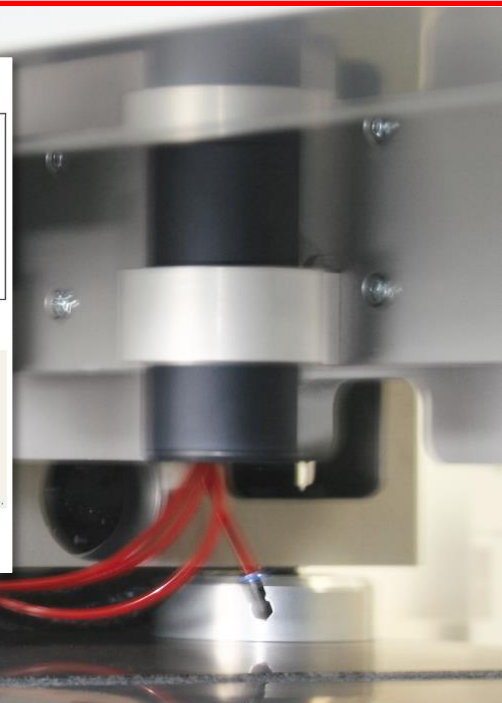
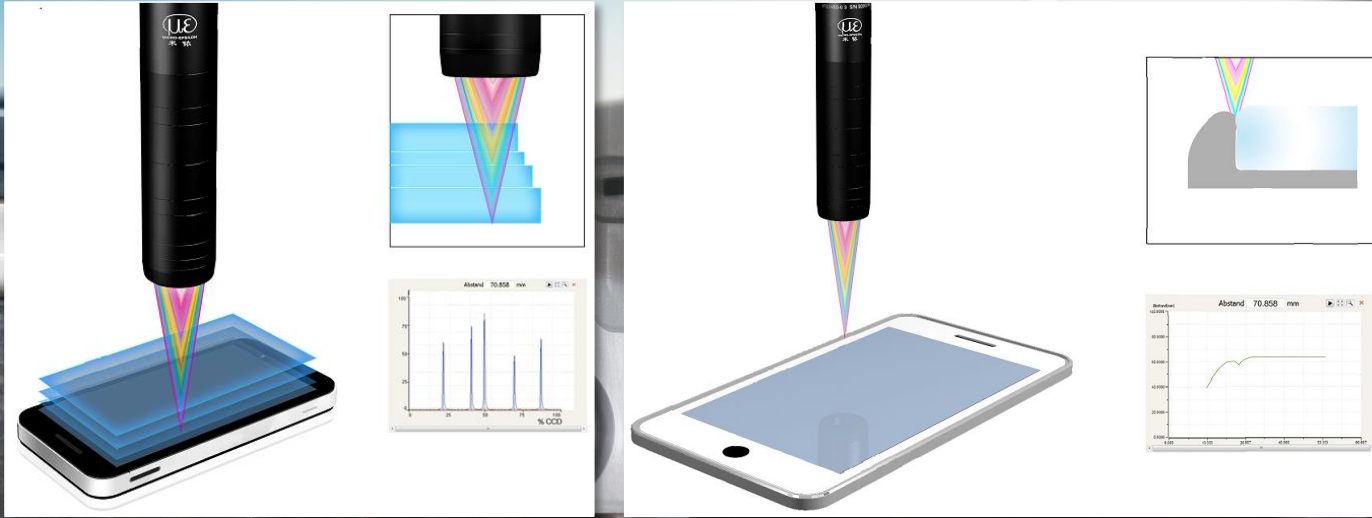


# Produktportfolio Controller



Messrate: bis 70 kHz; Schichten (max.): 5; Auflösung (Ethernet/EtherCAT): 1 nm





## Fertigungsüberwachung in der Smartphone und Display-Produktion

- Einseitige Mehrschichtmessung von transparenten Materialien
- Erfassung feiner Details in hochdynamischen Prozessen

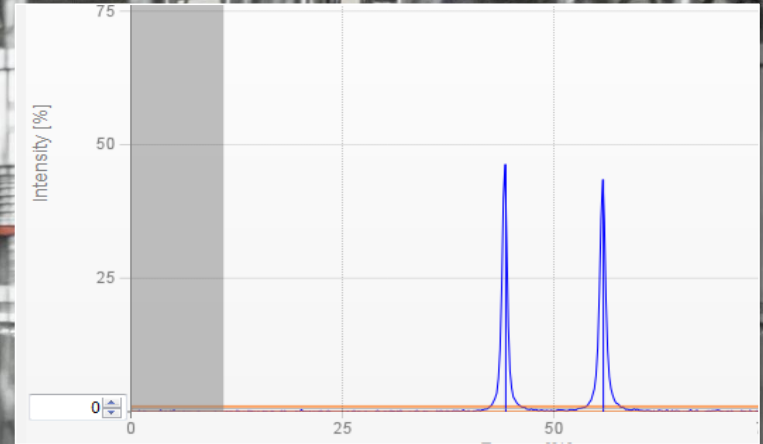
Photo by Lucas Santos on Unsplash



## Oberflächenkontrolle von mikromechanischen Teilen

- Kleiner Messfleck für höchste laterale Auflösung
- Schnelle Belichtungsregelung für wechselnde Oberflächen

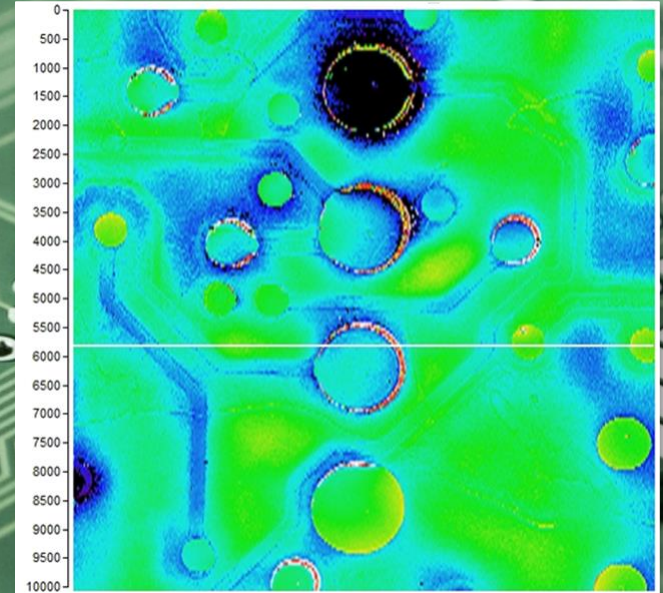
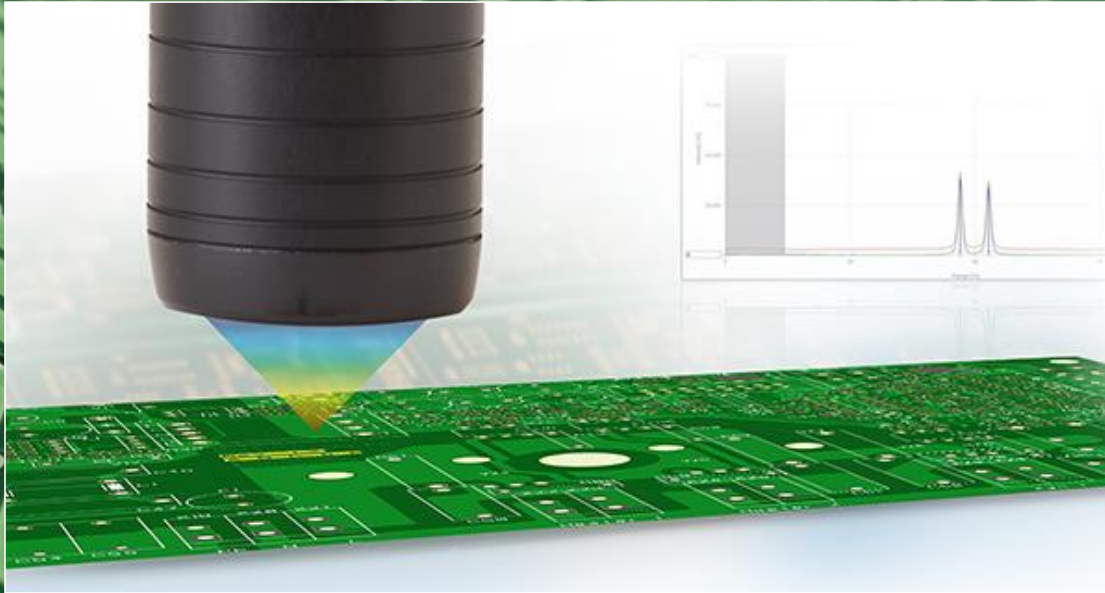




## Messung der Wanddicke und Rundheit von Flaschen

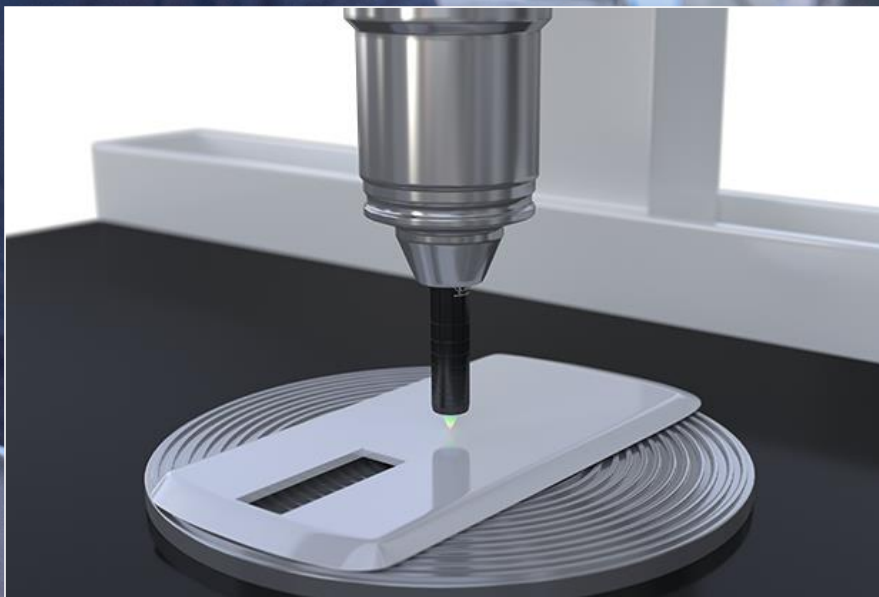
- Einfache Anpassung an divergente Farben durch automatische Belichtungsregelung
- Kostengünstige Lösung durch echtzeitfähiges 2-Kanalsystem





## Dickenmessung dünner Lackschichten auf Leiterplatten

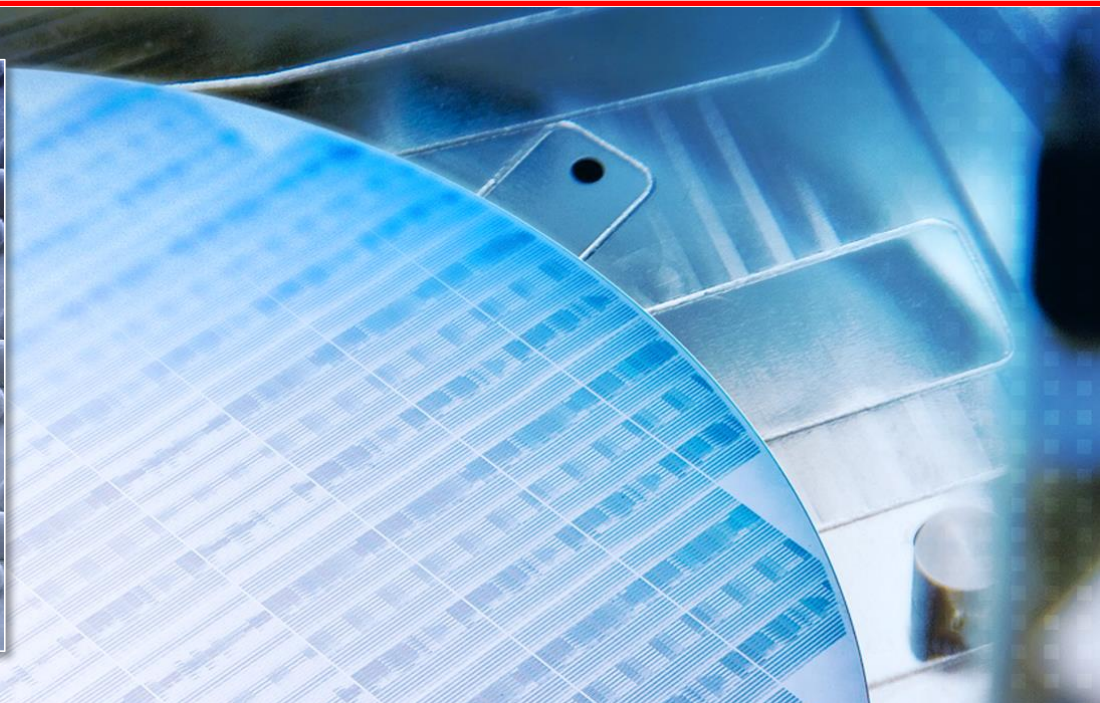
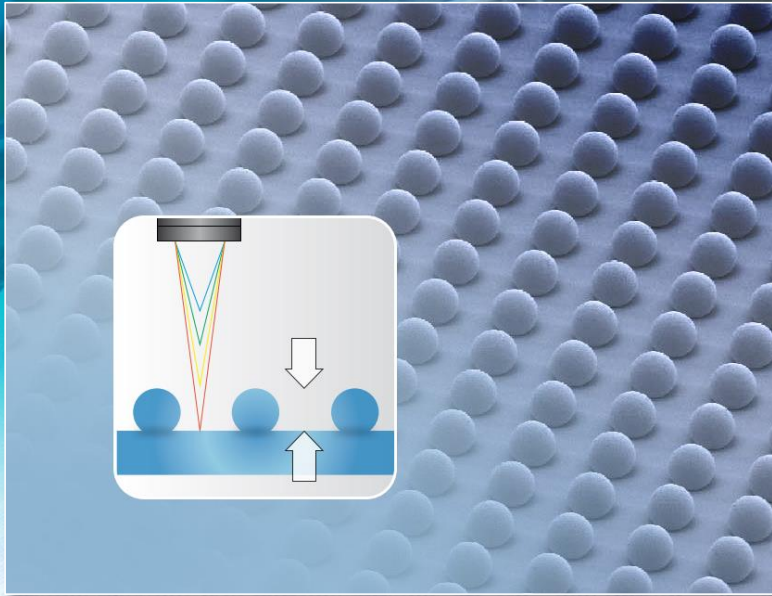
- Stabile Messung auf unterschiedlichen Untergründen
- Automatisierte Inline-Messung zur Beeinflussung der Prozessparameter möglich



## Geometrieprüfung und Rauheitsmessung in Koordinatenmessmaschinen

- Große Öffnungswinkel für hohe Auflösung und kleinen Lichtpunkt
- Großer Messwinkel zur Erfassung gekrümmter und strukturierter Flächen





## Höhenmessung von Wafer-Bumps

- Präzise Messung auf glänzenden und strukturierten Oberflächen
- Präzise Erfassung des Bump-Profiles dank kleinem Lichtfleck & großem Messwinkel

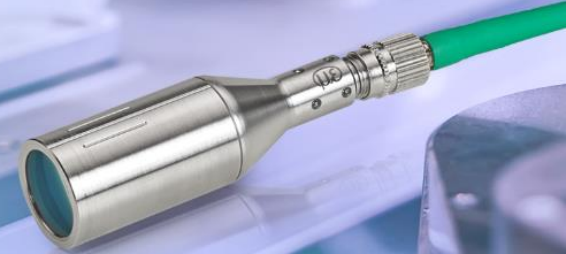
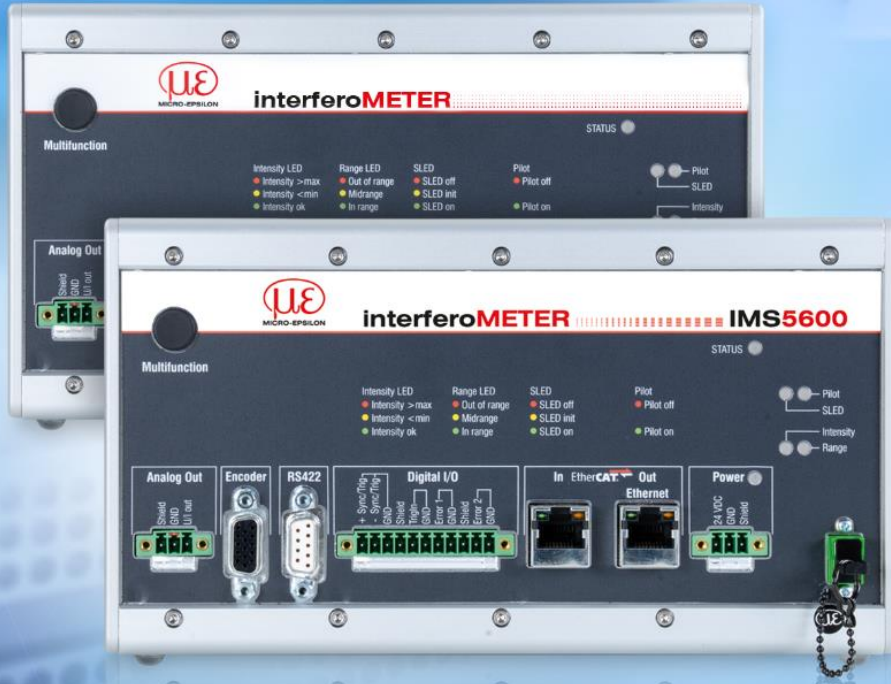
# Zusammenfassung

- Abstands- und Dickenmessung mit hoher Messrate
- Ideal zur Automatisierung und Fertigungsüberwachung aufgrund vieler verfügbarer Schnittstellen und Zubehör
- Stabile Messung auf unterschiedliche Materialien wie Glas und Kunststoff
- Extrem kleiner und konstanter Messfleck
- Nanometergenaue Auflösung
- Passiver Sensorkopf für Anwendungen im Vakuum
- Industrietaugliche Controller mit exzellentem Signal-Rausch-Verhältnis



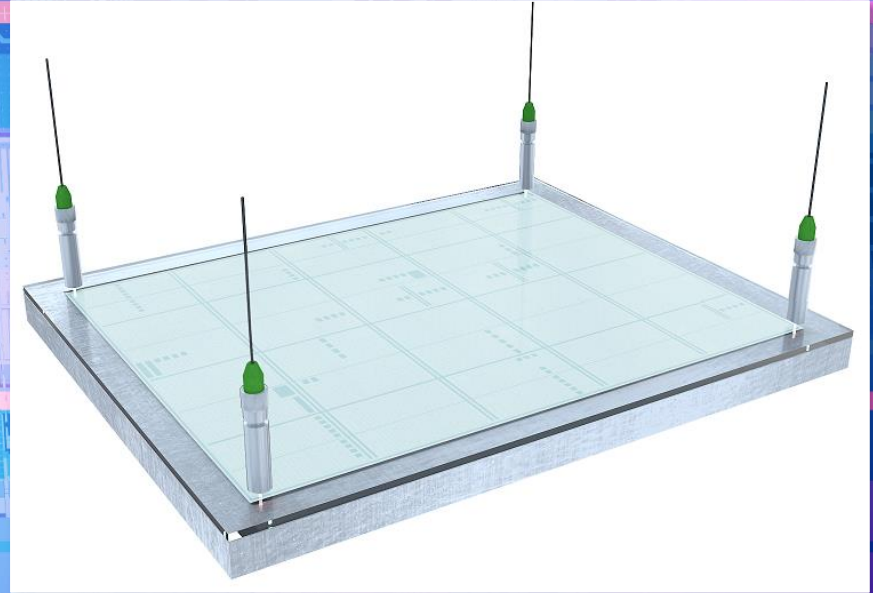
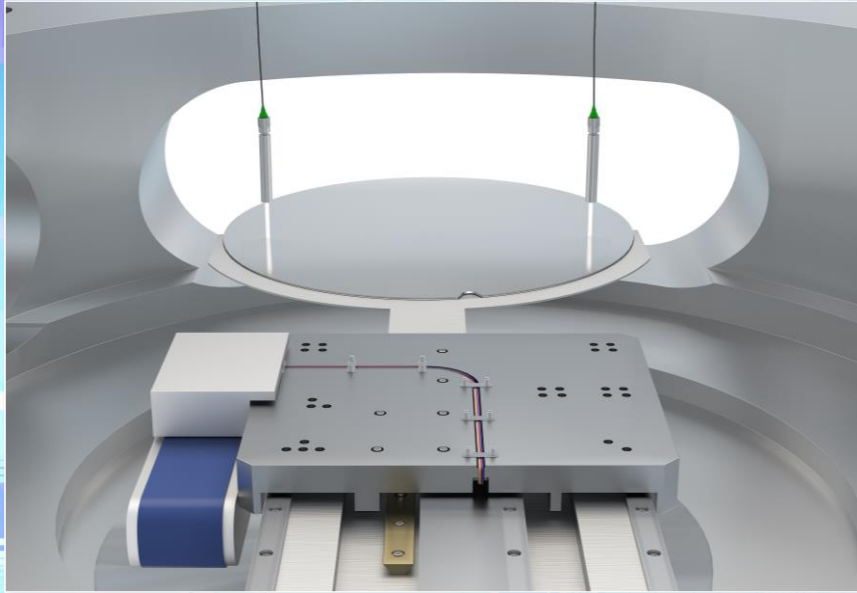
# Interferometrische Weißlichtsensoren

## interferoMETER





# Anwendungsbeispiel



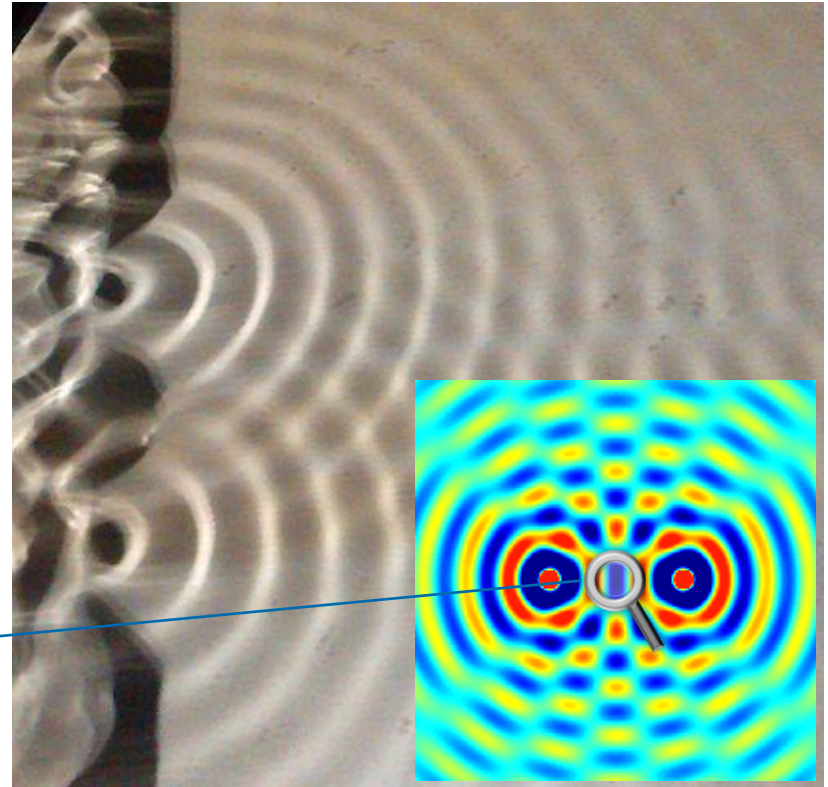
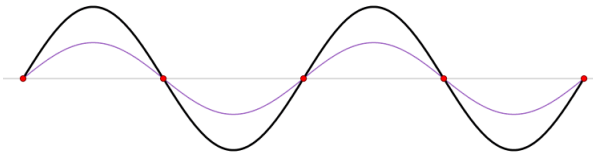
## Regelung und Ausrichtung in der Lithografie

- Subnanometergenaue Verkippungsmessung für größtmögliche Lagegenauigkeit
- Einsatz im Vakuum möglich

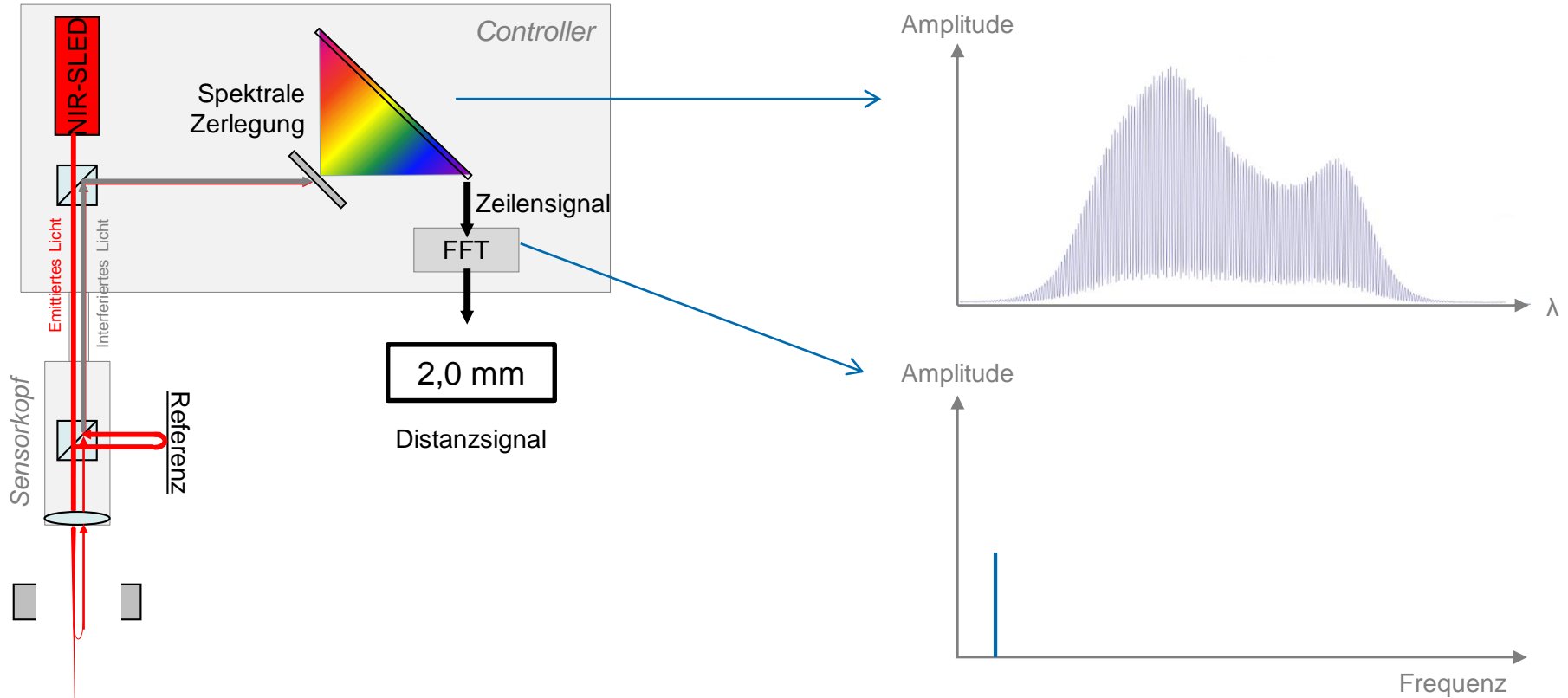
Bei allen Arten von Wellen möglich  
(z.B. Licht, Schall, Wasser)

## Beispiele:

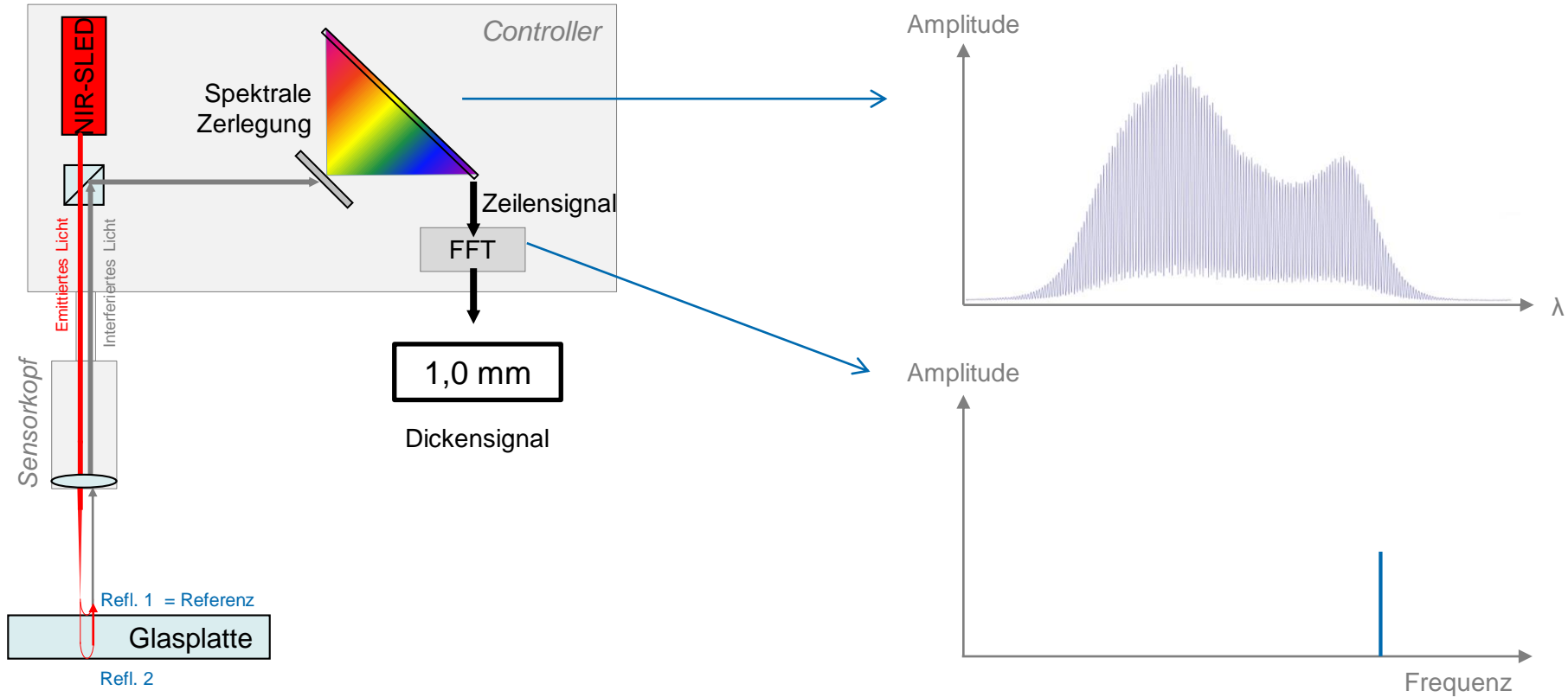
- Wasseroberfläche / Steine & Tropfen
- Lichteffekte bei CDs oder Seifenblasen
- usw.



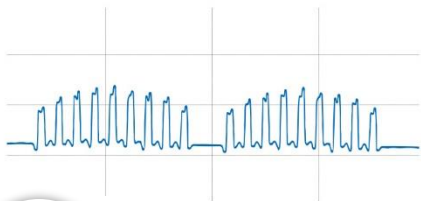
# Messprinzip: Abstandsmessung



# Messprinzip: Dickenmessung



# Vorteile



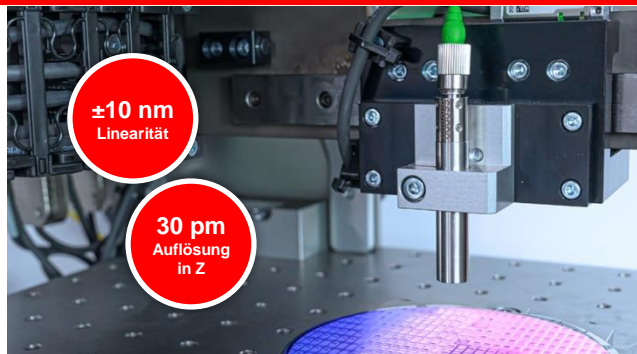
10  $\mu\text{m}$

Schichtdicke



14 Abstandswerte  
im Messbereich  
2,1 mm

Absolute Abstandsmessung &  
Mehrschichtoptionen



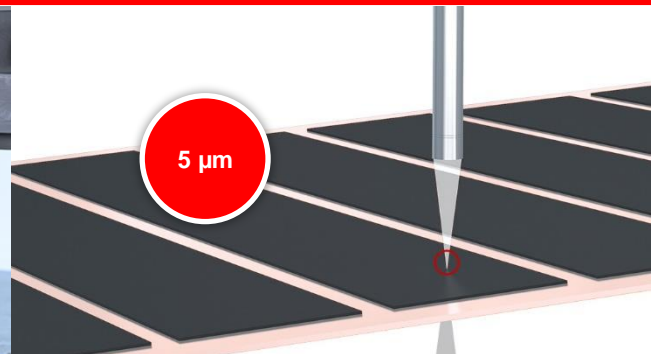
$\pm 10$  nm

Linearität

30  $\mu\text{m}$

Auflösung  
in Z

Präzise und stabil bis auf den letzten  
Nanometer

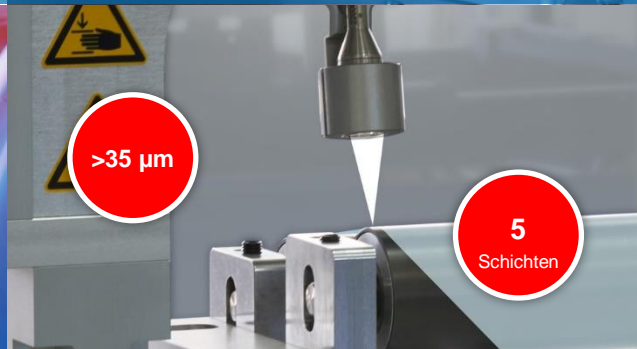


5  $\mu\text{m}$

Kleiner Lichtfleck für feinste Details



Messung auf viele Oberflächen



>35  $\mu\text{m}$

5

Schichten

Abstandsunabhängige Dickenmessung  
bei großem Arbeitsbereich von 7 mm



IP65

Schutzart

Robuste Bauweise für industrielle  
Messaufgaben

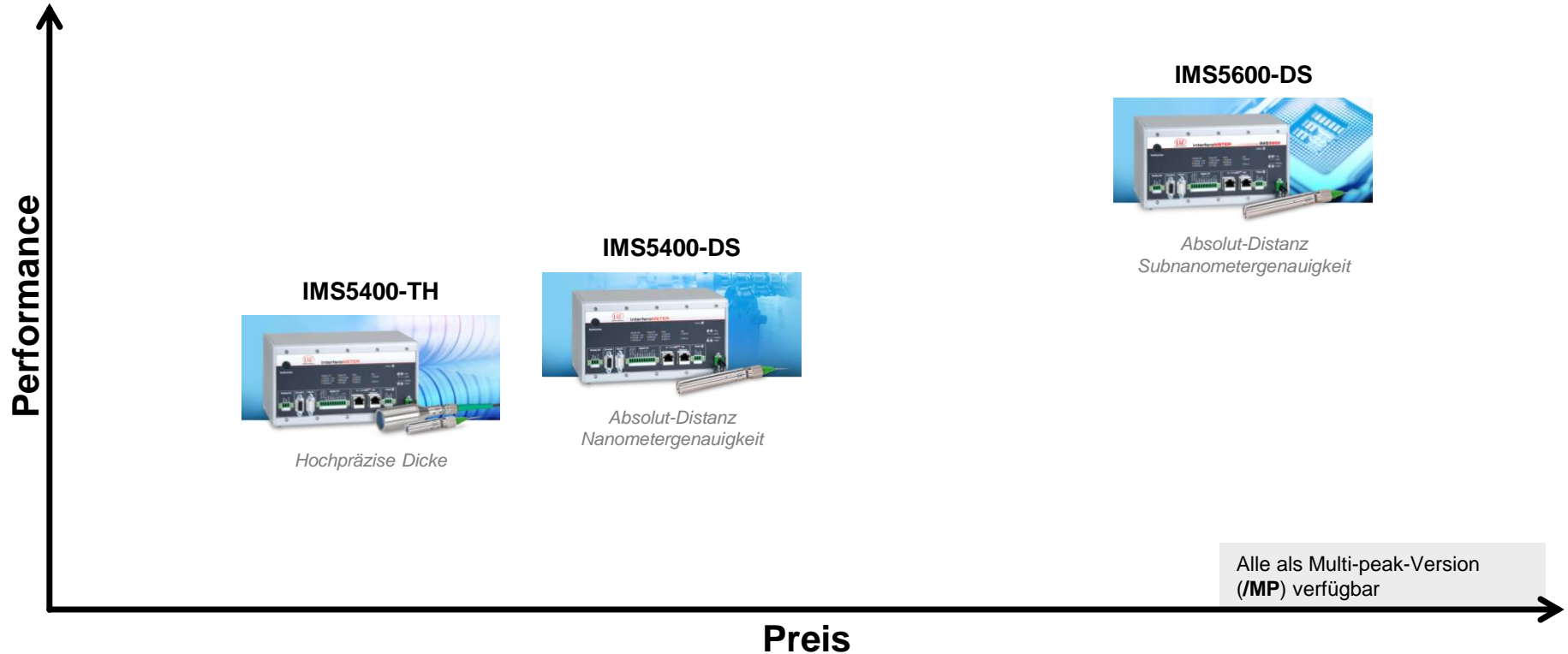


- Max. zulässiger Messwinkel bei spiegelnden Oberflächen  $\pm 2^\circ/4^\circ$
- Max. erreichbare Genauigkeit im industriellen Einsatz abhängig von Umgebungsbedingungen

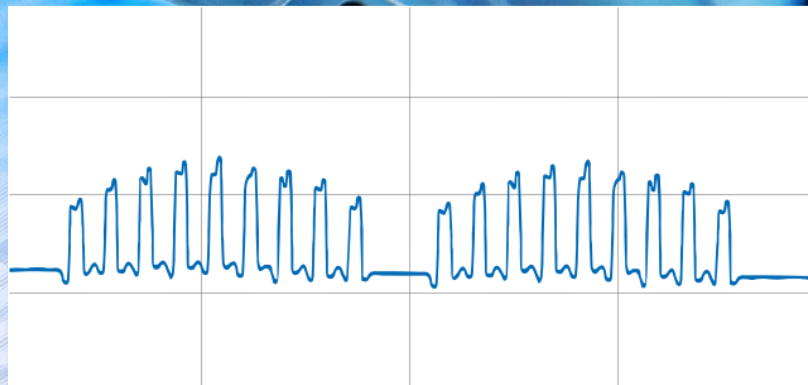
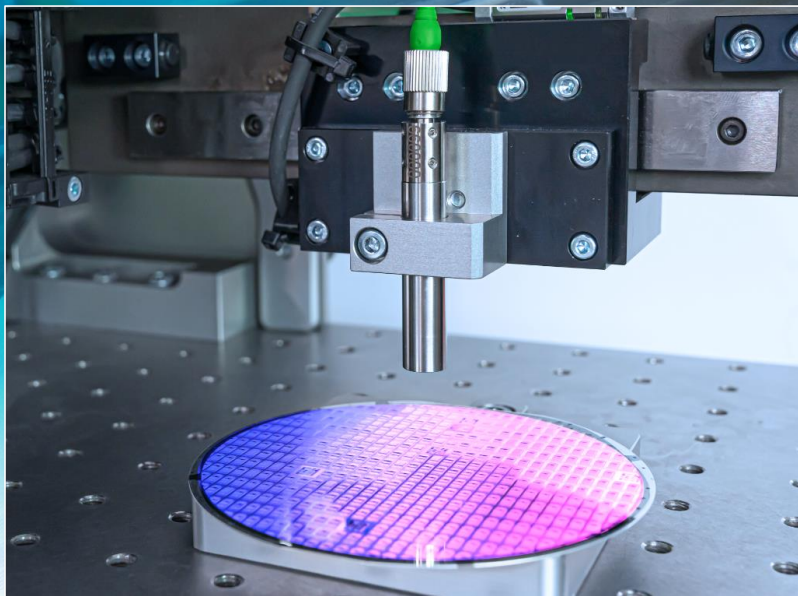
## *Bei einseitiger Dickenmessung:*

- Dicke = gemessene Dicke / Brechungsindex (n)
- Mindestdicke = 10 ... 35  $\mu\text{m}$  (n = 1,5) bzw. 15 ... 50  $\mu\text{m}$  (n ~ 1)
- Maximaldicke = 1,4 mm (n = 1,5)



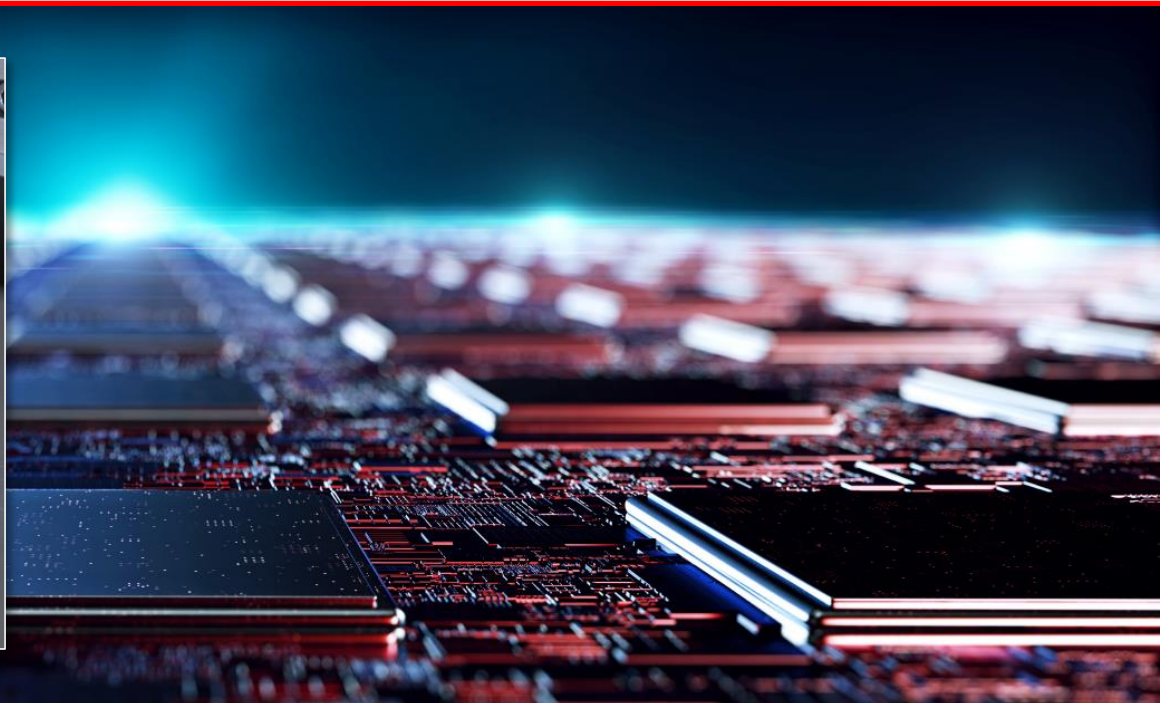
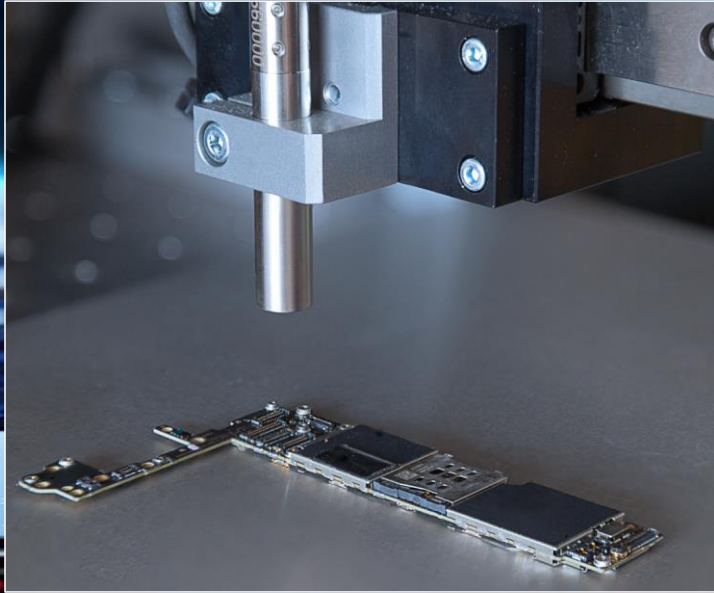


Messbereich: 2,1 / 0,01 ... 1,4 mm (Dicke); Messrate: bis 6 kHz; Linearität: ab  $\pm 10$  nm; Auflösung: ab 30 pm



## Profilaufnahme von strukturierten Wafern

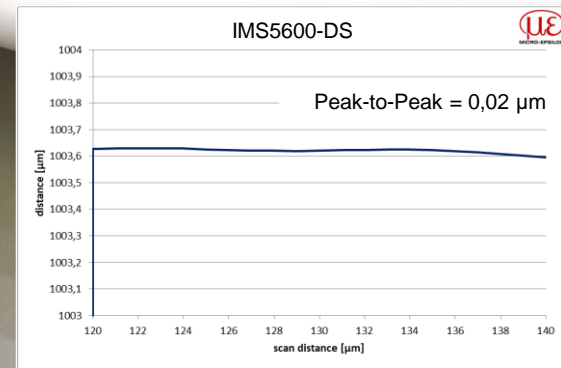
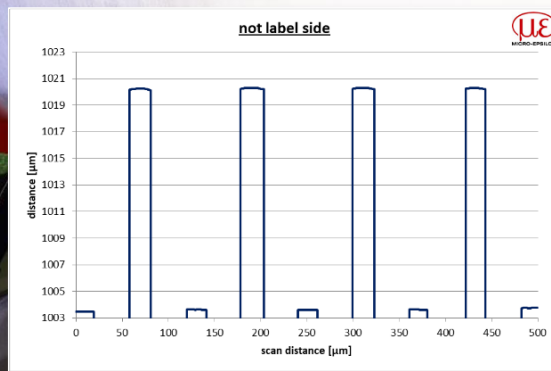
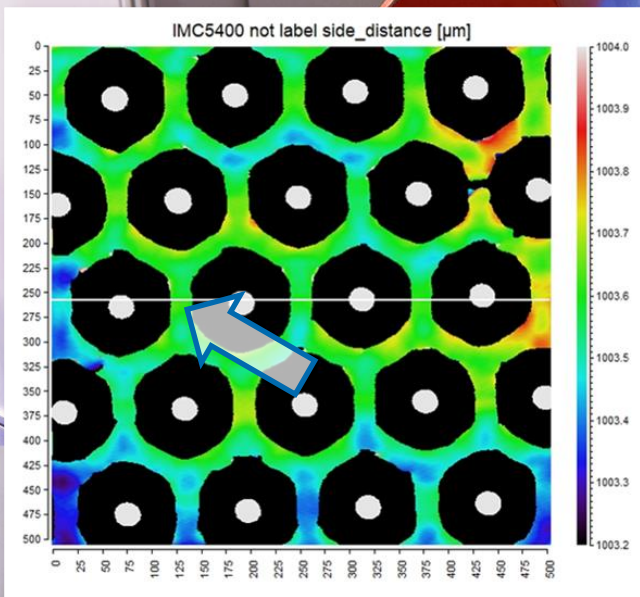
- Stabile Absolutmessung, auch bei Signalunterbrechungen (Stufen, Löcher usw.)
- Hohe Z-Auflösung und kleiner Lichtfleck zur Erfassung feinsten Details



## Überprüfung von miniaturisierten Elektronikbauteilen

- Hohe Z-Auflösung und kleiner Lichtfleck zur Erfassung kleinster Details
- Robuste Bauweise zur Integration in Fertigungsautomaten und Maschinen

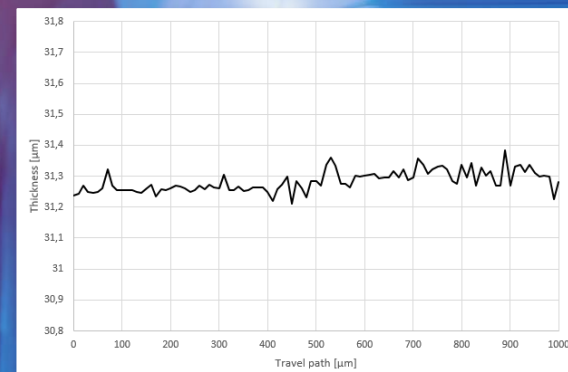
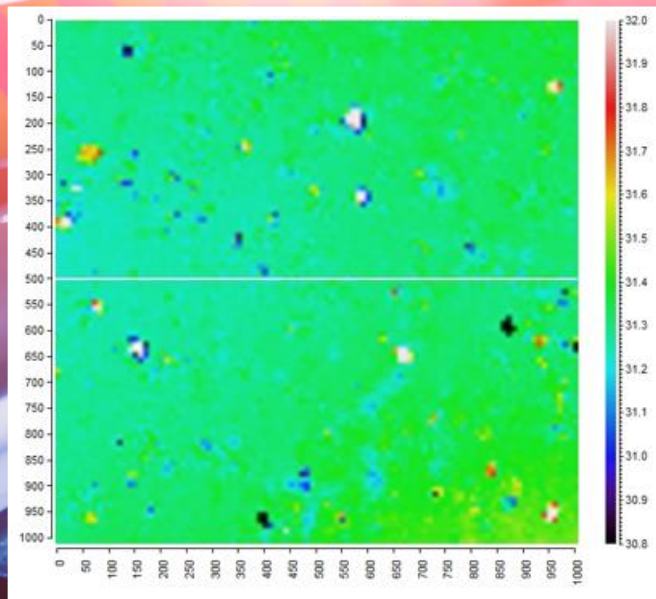




## Präzise zweiseitige Dickenmessung von dünnen, strukturierten Metallfolien

- Hohe Genauigkeit  $\pm 10$  nm auf Membran
- Schnelle Regelung auf unterschiedlichen Oberflächen





## Messung dünner Lackschichten

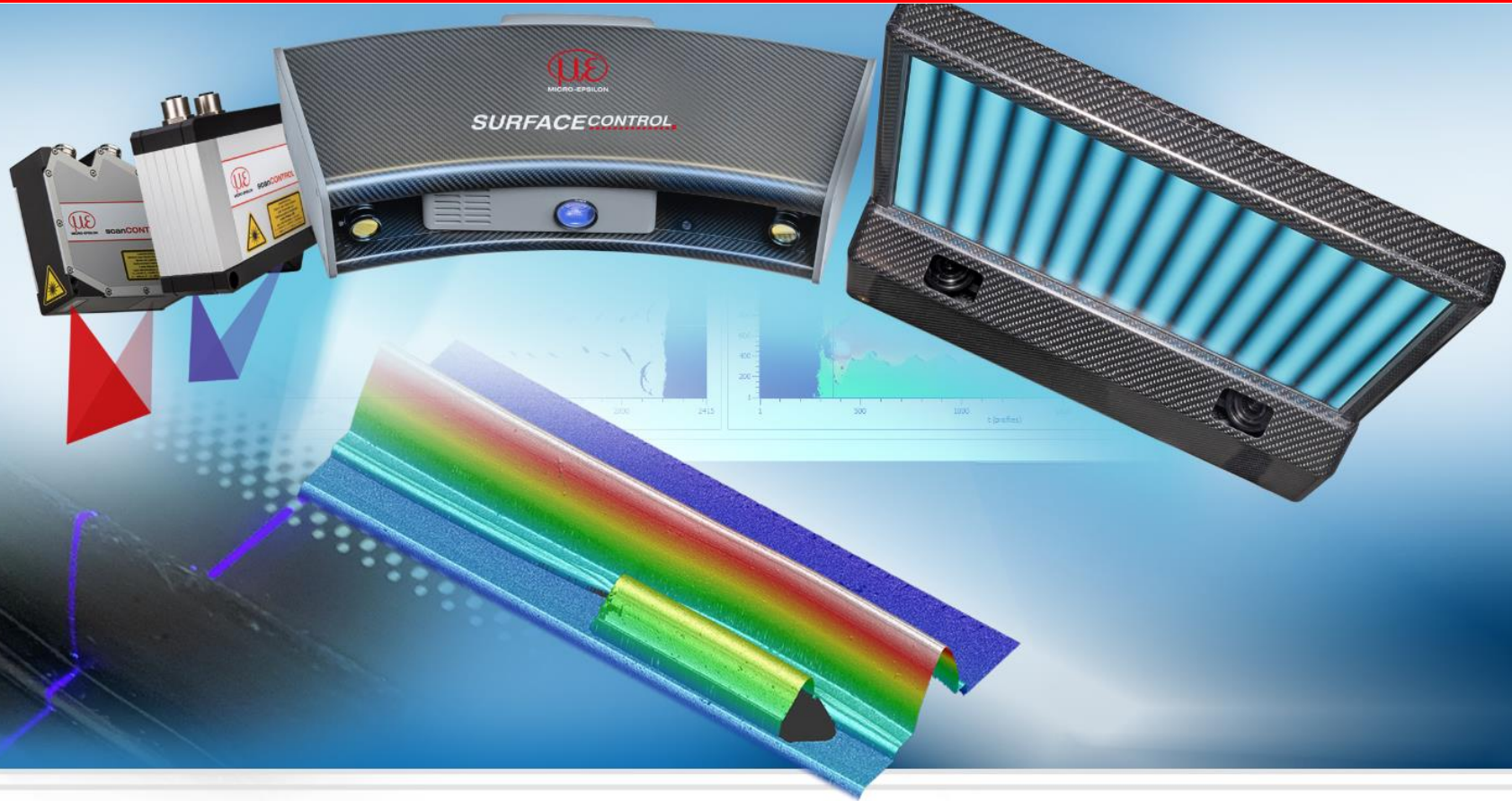
- Stabile abstandsunabhängige Inline-Dickenmessung von bis zu 5 Schichten
- Schichtdicken bis 10 μm möglich

- Absolute Abstandsmessung mit Nanometergenauigkeit
- Abstandsunabhängige Dickenmessungen mit  $\pm 100$  nm-Genauigkeit
- Großer Grundabstand und Arbeitsbereich
- Best-in-Class: Auflösung  $< 30$  pm (IMS5600-DS)
- Hohe Signalstabilität dank neuer Auswertelgorithmen und aktiver Temperaturkompensation
- Controller mit Multi-peak-Ausführung sowie Industrial-Ethernet-Schnittstellen
- Industrieoptimierte Sensoren mit robustem Metallgehäuse und flexiblen Kabeln
- Vakuumtaugliche Sensoren und Kabel



# 3D-Sensoren

scanCONTROL, surfaceCONTROL & reflectCONTROL



## scanCONTROL



Auswertung von Profildaten  
und Erfassung  
der Geometrie

## surfaceCONTROL



Vermessung &  
Inspektion **diffus**  
reflektierender Messobjekte

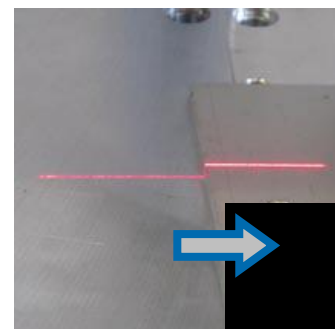
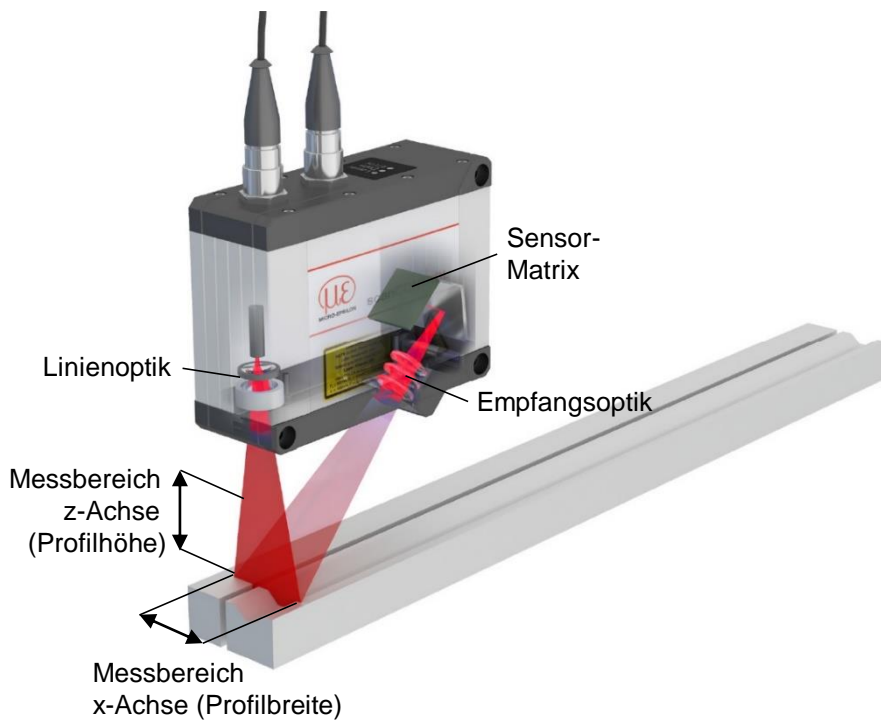
## reflectCONTROL



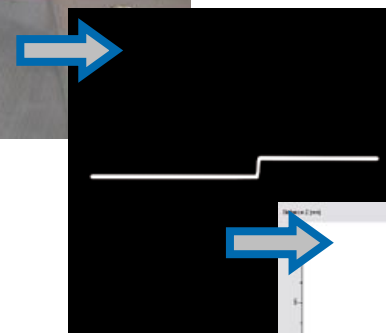
Vermessung und Inspektion  
**spiegelnder** Oberflächen



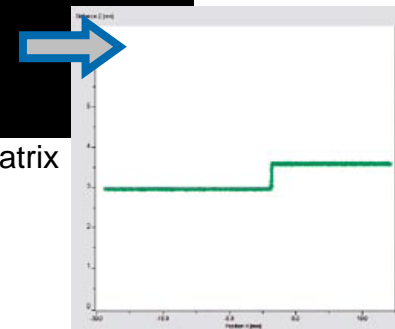
## Laser-Linien-Triangulation



Laserlinie



Sensor-Matrix (Pixel)



Kalibrierte x/z-Messpunkte

# Anwendungsbeispiel



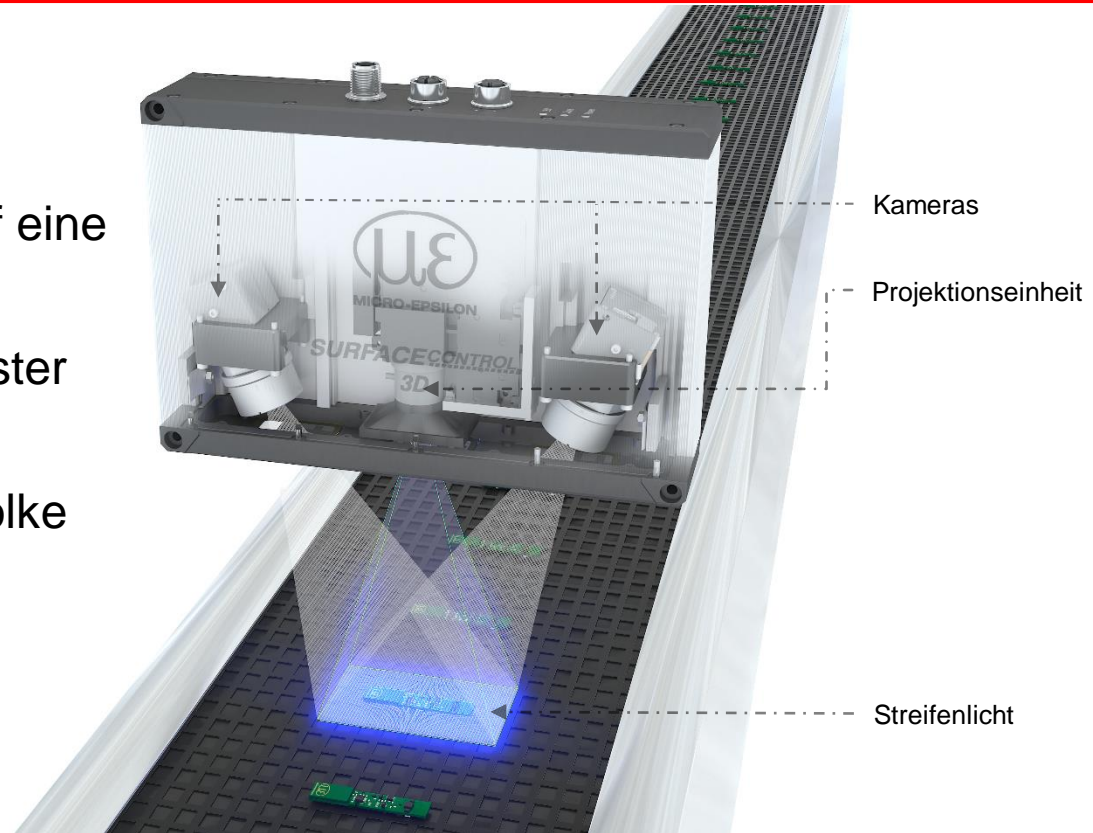
## Kontrolle von Kleberaunen und Dichtmittelauftrag nach dem Auftragen

- Hohe Auflösung zur Prüfung feinsten Raupen (Blue-Laser für transparente Kleber)
- SPS-Integration zur Regelung von Auftragsmenge und Dispenserabstand

# Messprinzip: surfaceCONTROL

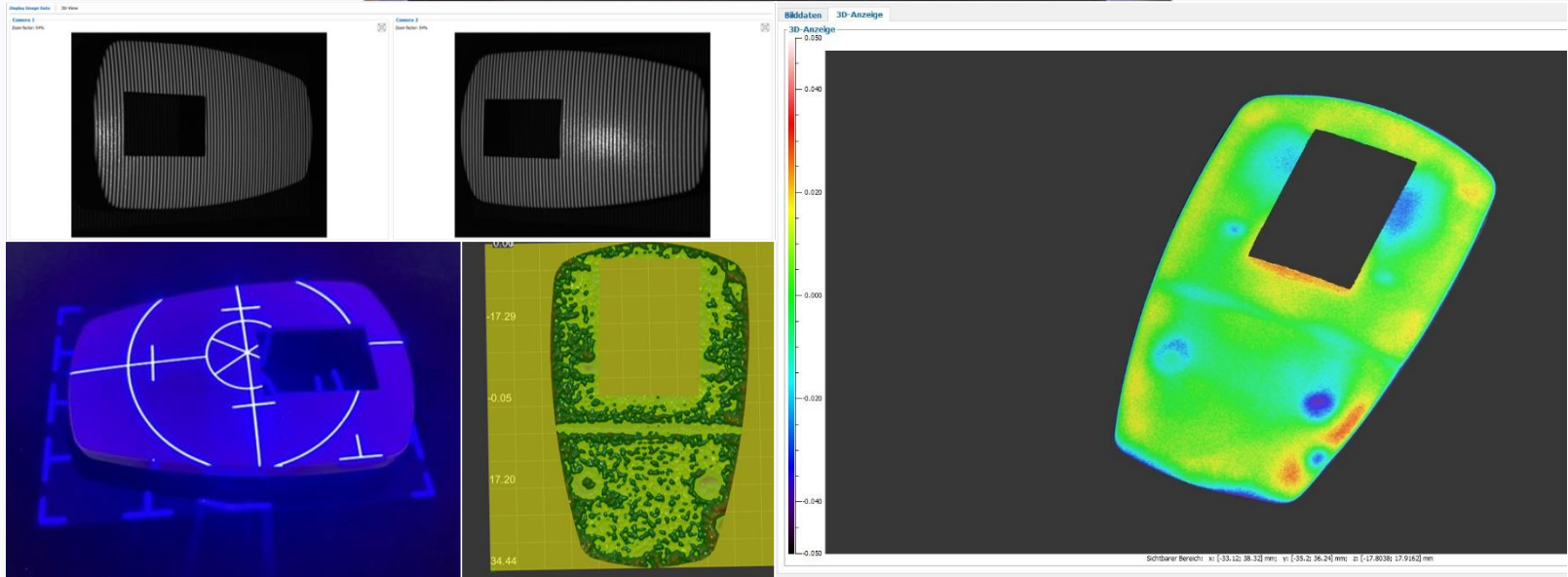
## 3D Streifenlichtprojektion

- Projektion einer Musterfolge auf eine Oberfläche
- Diffus reflektiertes Licht der Muster wird in zwei Kameras erfasst
- Berechnung einer 3D-Punktewolke



# Anwendungsbeispiel

Photo by Mastars on Unsplash



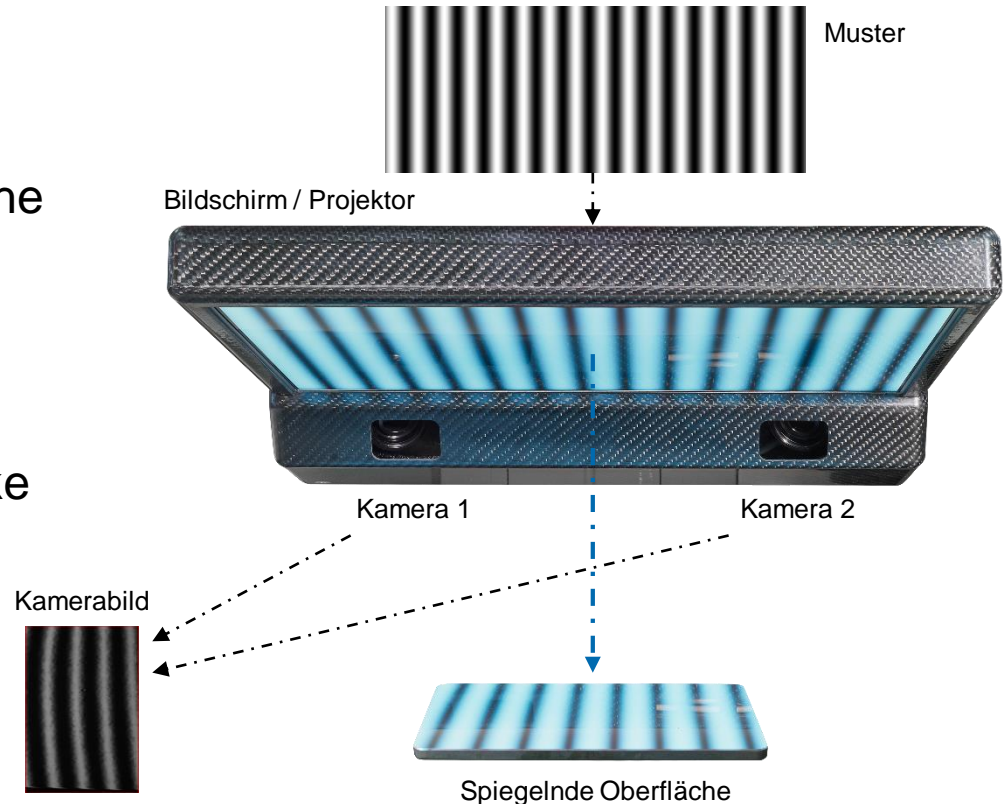
## Defekterkennung von Spritzgussteilen

- Bestimmung von Formabweichungen auf der Vorderseite
- Schnelle Datenausgabe über Gigabit Ethernet sowie digitale I/Os

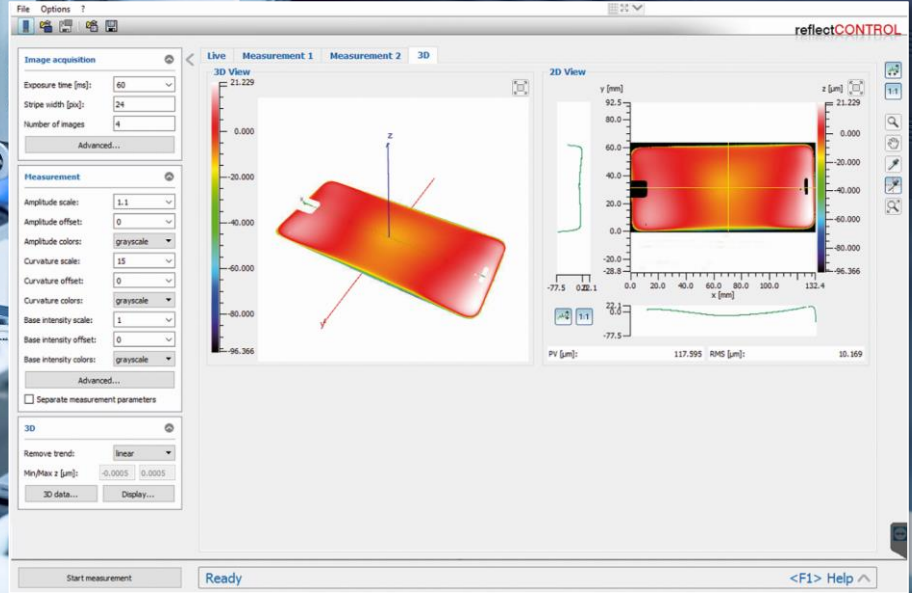
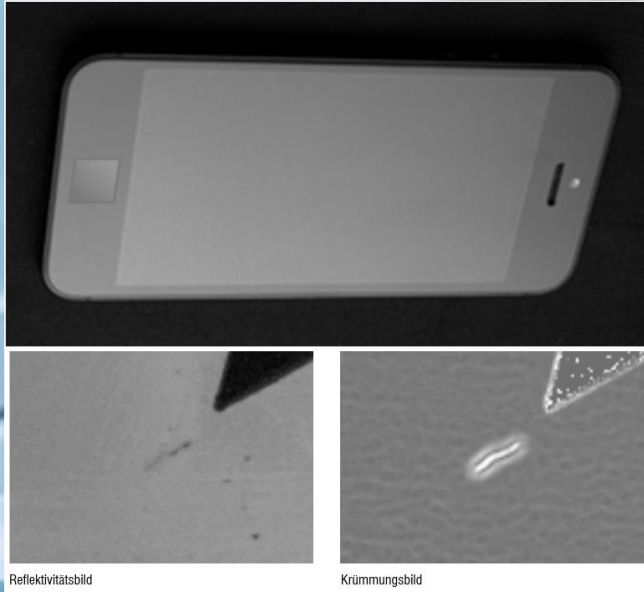


## Phasenmessende Deflektometrie

- Diffuse Belichtung einer Oberfläche durch ein Streifenmuster
- Spiegelung der Oberfläche wird durch zwei Kameras erfasst
- Berechnung einer 3D-Punktewolke



# Anwendungsbeispiel



## Oberflächeninspektion von Displayglas

- Vollautomatische Defekterkennung von spiegelnden Oberflächen
- Zuverlässige Erkennung kleinster Einschlüsse oder Fehlstellen

# Übergreifendes Anwendungsbeispiel

## scanCONTROL:

Prüfung der umlaufenden Kleberaube

## surfaceCONTROL:

Prüfung der matten Rückseite oder Elektronik auf Defekte  
Prüfung auf Vollständigkeit

## reflectCONTROL:

Prüfung des Displays auf Kratzer



**Qualitätssicherung in der Smartphone-Produktion**

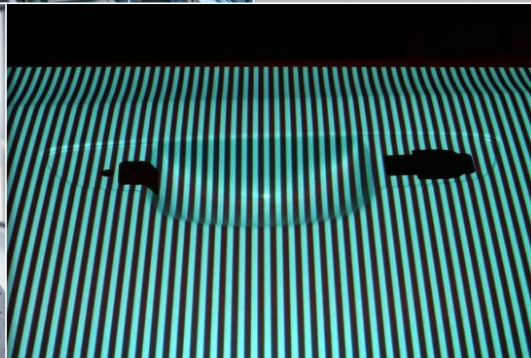
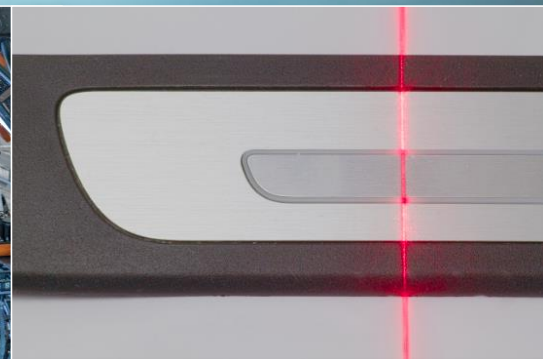


# Übergreifendes Anwendungsbeispiel

scanCONTROL:  
Spaltprüfung hins. Bündig- und Maßhaltigkeit

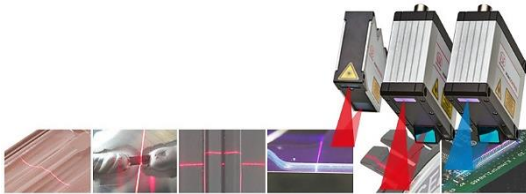
surfaceCONTROL:  
Blechkontrolle

reflectCONTROL:  
Lackfehlerkontrolle



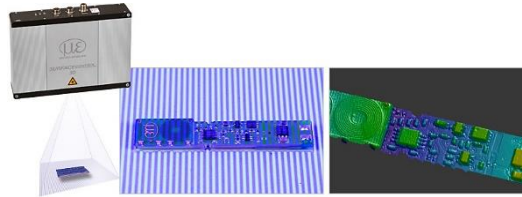


## scanCONTROL



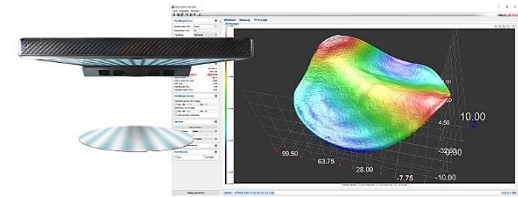
- Für **matte** und **spiegelnde** Objekte
- Benötigt kontinuierliche Bewegung für 3D-Daten, d. h. **dynamische** Messung
- Höhere x-Auflösung

## surfaceCONTROL



- Für **matte** Objekte
- Benötigt kurze Stillstandzeit des Objekts

## reflectCONTROL

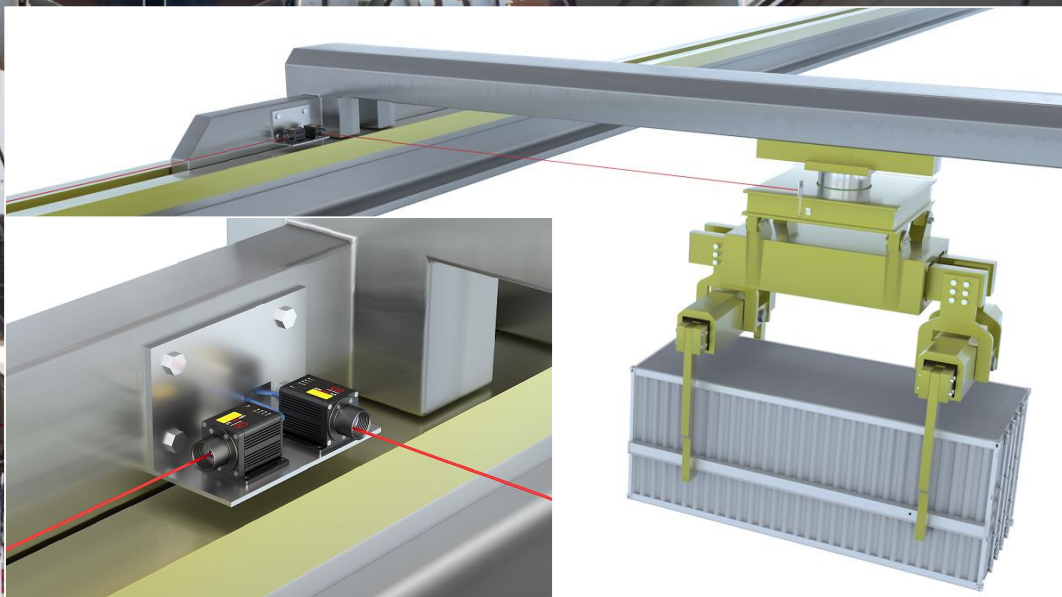


- Für **spiegelnde** Objekte
- Benötigt kurze Stillstandzeit des Objekts

# Laser-Distanzsensoren

optoNCDT ILR

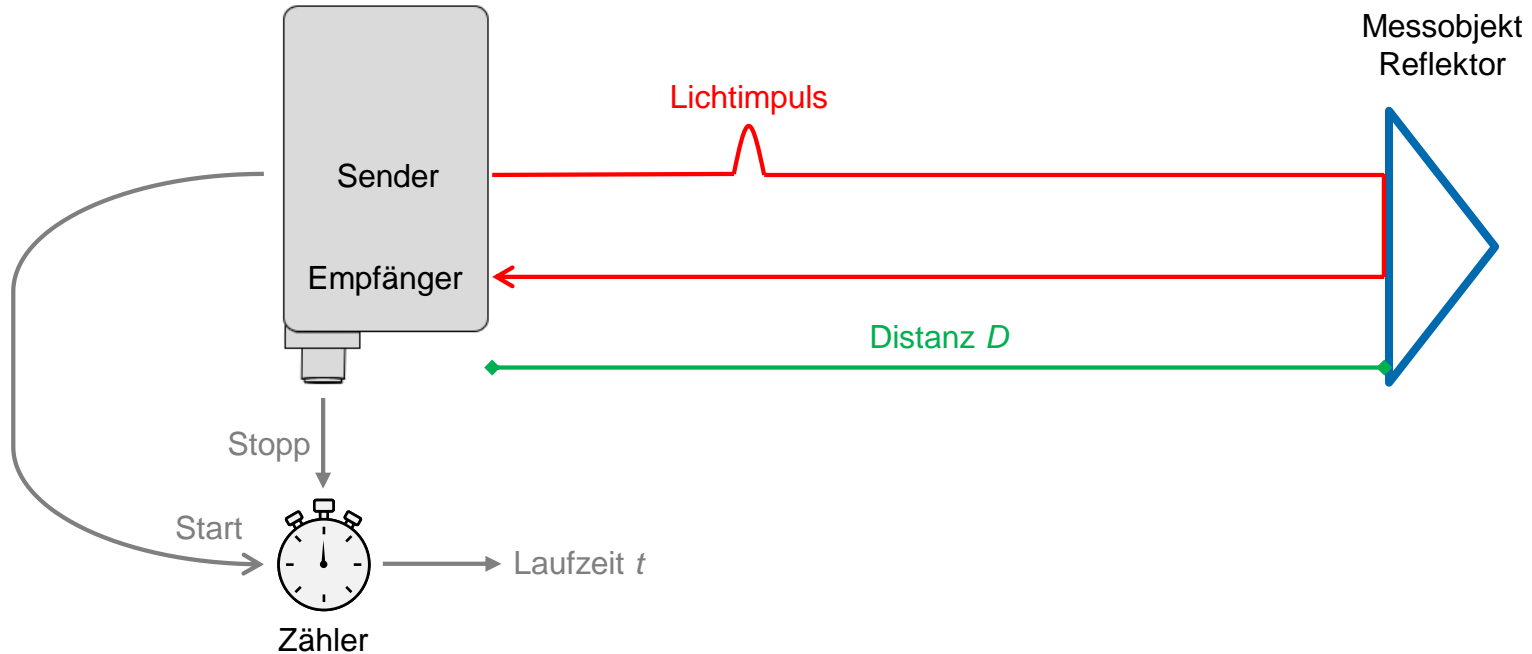




## Positionskontrolle von Kränen

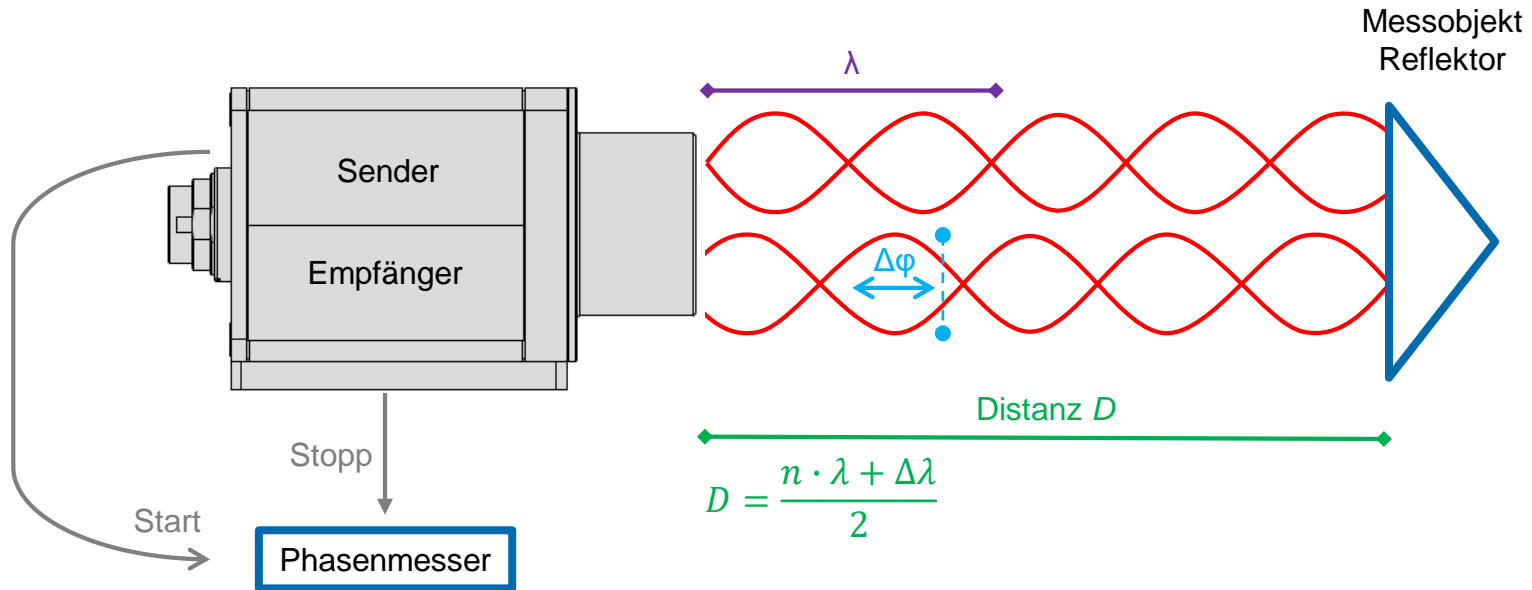
- Millimetergenauer Positionsbestimmung dank präziser Messung großer Distanzen
- Automodus für maximal sichere Signalstärke auf anspruchsvolle Ziele

## Messprinzip: Laufzeitmessung





## Messprinzip: Phasenvergleich



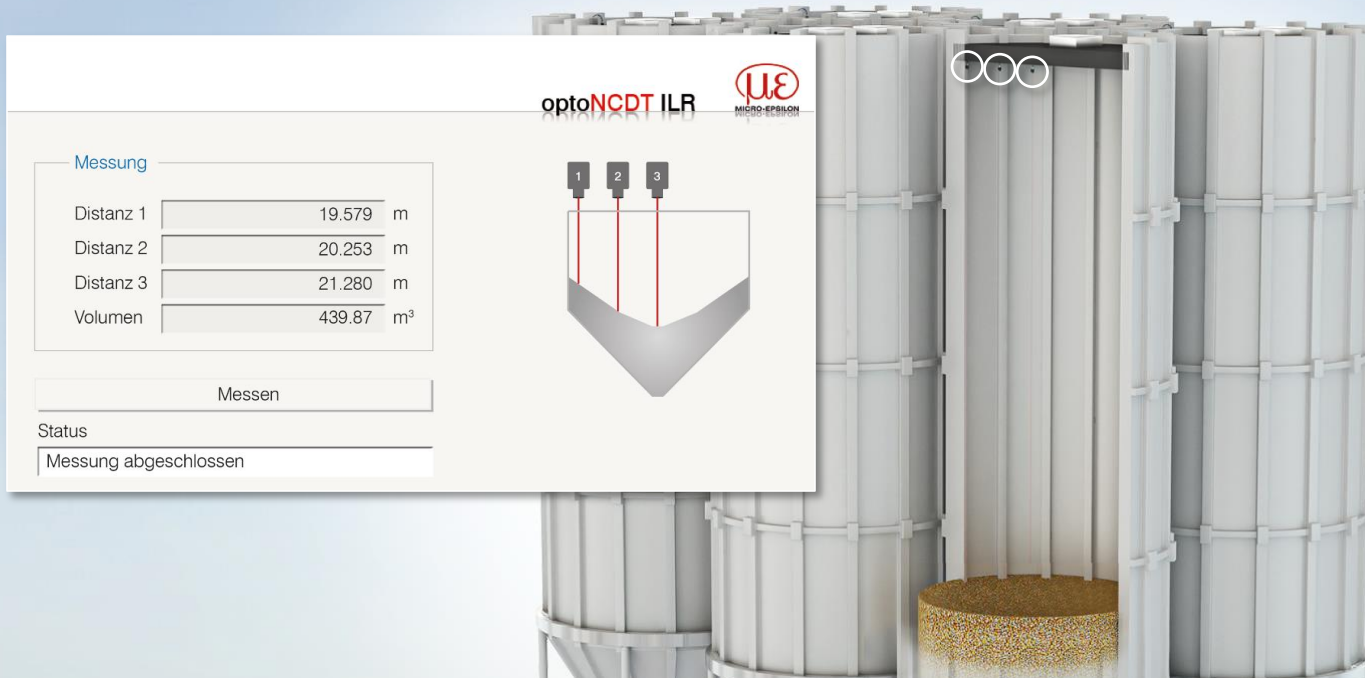
- Sehr großer Messbereich bei kleiner Baugröße
  - Bis 300 m auf natürlichen Oberflächen
  - Bis 3.000 m auf Reflektor
- Hohe Genauigkeit auf unterschiedlichen Oberflächen  
Hohe Auflösung und geringe Linearitätsabweichung bis  $\pm 1$  mm
- Einfache Messung von Distanz und Geschwindigkeit  
Sehr schnelle Ansprechzeit bis 0,5 ms
- Flexible Anschlussmöglichkeiten  
Analoge und digitale Schnittstellen, IO-Link
- Außenanwendungen -40 ... +65 °C  
Integrierte Heizung



# Einschränkungen

- Abhängig von Umweltbedingungen (Rauch, Nebel, starker Regen, Fremdlicht)
- Umgebungstemperatur über 65 °C
- Schlecht reflektierende Oberflächen (< 10 %) führen zu langsameren Messraten





## Füllstandmessung in Silos

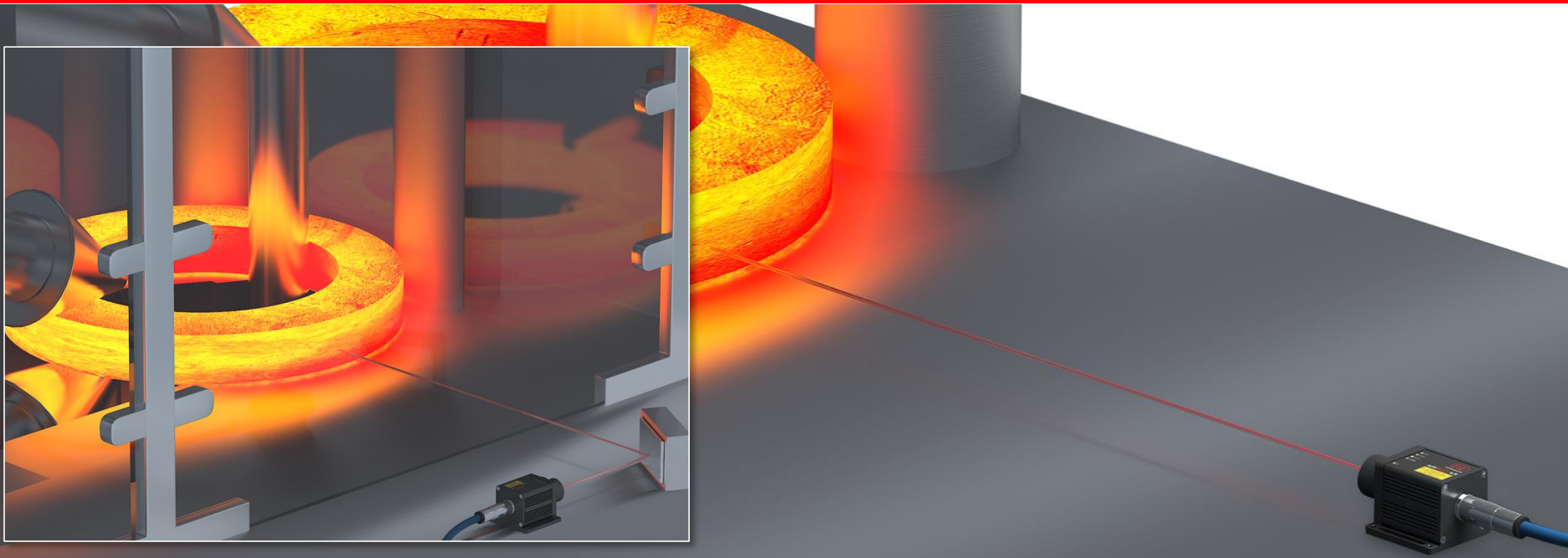
- Einfache Integration der Sensoren auch in bestehende Systeme
- Kontinuierliche Live-Überwachung des Füllstands (Überfüllung vs. Auffüllung)





## Durchmessermessung von Coils

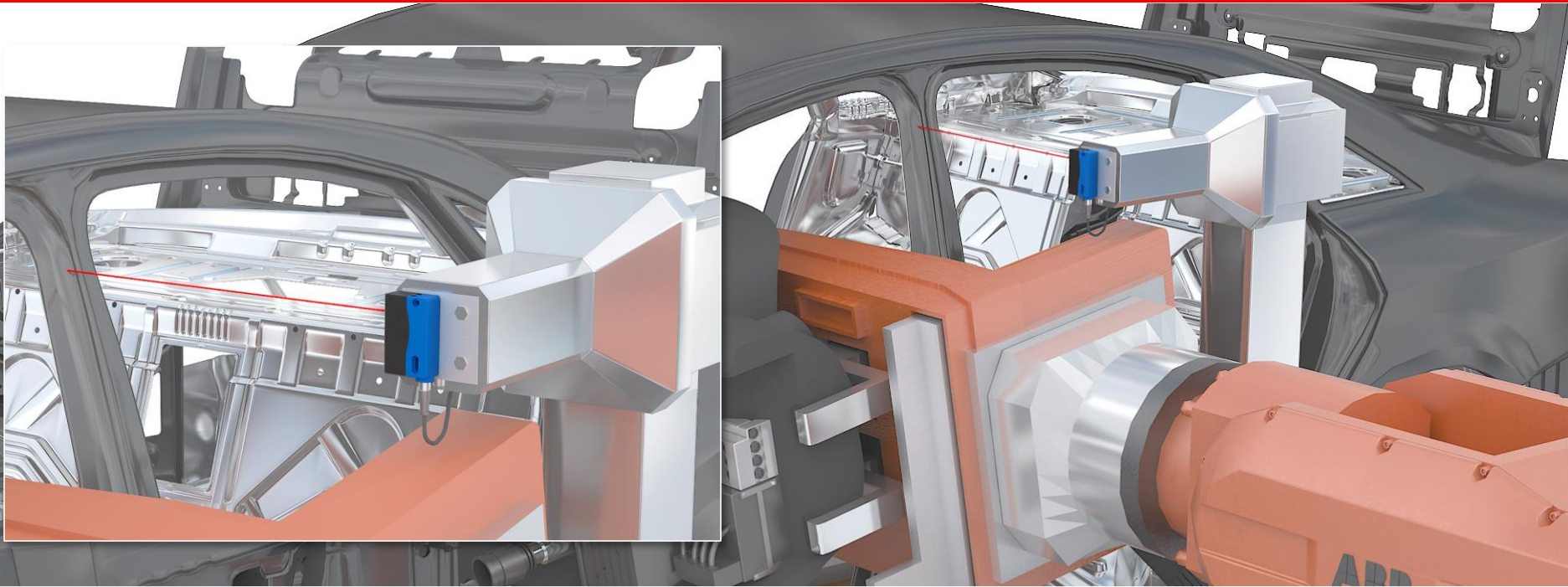
- Automatisierte Inline-Überwachung zur frühzeitigen Planung des Umrüstzeitpunktes
- Zuverlässigkeit bei rauen Umgebungen und anspruchsvollen Oberflächen



## Durchmessermesserüberwachung an nahtlos gewalzten Ringen

- Zuverlässige Messung auf glühende Messobjekte
- Ermöglicht computergesteuerte Prozessüberwachung aus großer Entfernung





## Abstandsmessung für Roboterpositionierung

- Einfache Integration in die Linie
- Laserklasse 1, die keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen für das Personal erfordert



## Messung und Lagererkennung von Paketen

- Kurze Ansprechzeit zur Erfüllung diverser Prüf- und Automatisierungsfunktionen
- Laserklasse 1, die keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen für das Personal erfordert



- Präzise Messung von Weg, Abstand und Position auf verschiedenen Oberflächen
- Großer Messbereich für Innen- und Außeneinsatz
- Sehr kompakte Bauform ohne externen Controller
- Hohe Reproduzierbarkeit
- Hohe Genauigkeit und Signalstabilität
- Kurze Ansprechzeit
- Vielfältige Schnittstellen (RS422, RS232, IO-Link, PROFINET, EtherNet/IP)
- Sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis

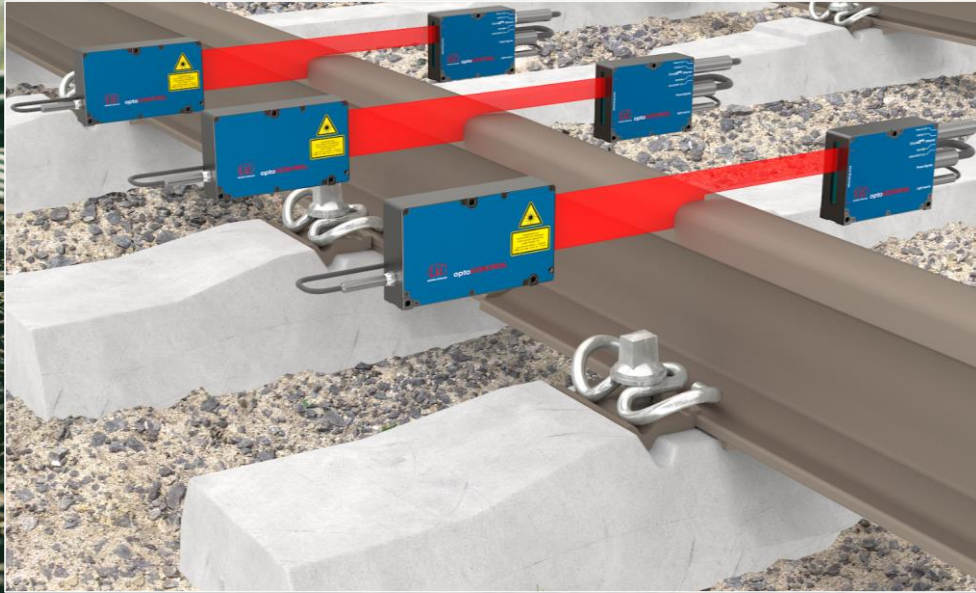


# Optische Mikrometer

## optoCONTROL ODC



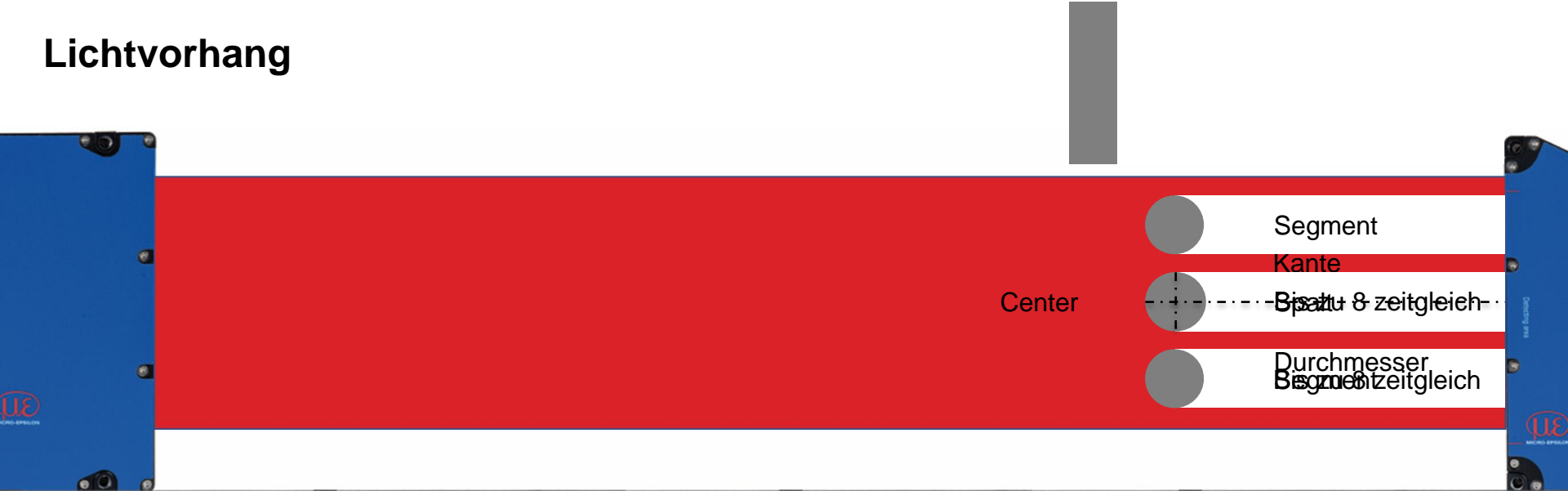
# Anwendungsbeispiel



## Ebenheitsprüfung von Gleisen

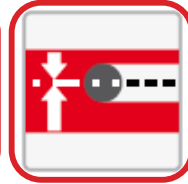
- Punktuelle Erfassung von Ebenheit und Durchbiegung integriert im Prüfwagen
- Unabhängig von der Beschaffenheit der Gleisoberfläche

## Lichtvorhang



Lichtquelle

Empfänger



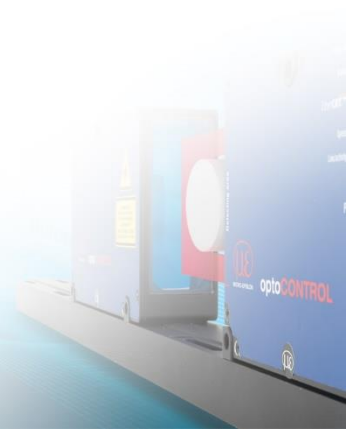


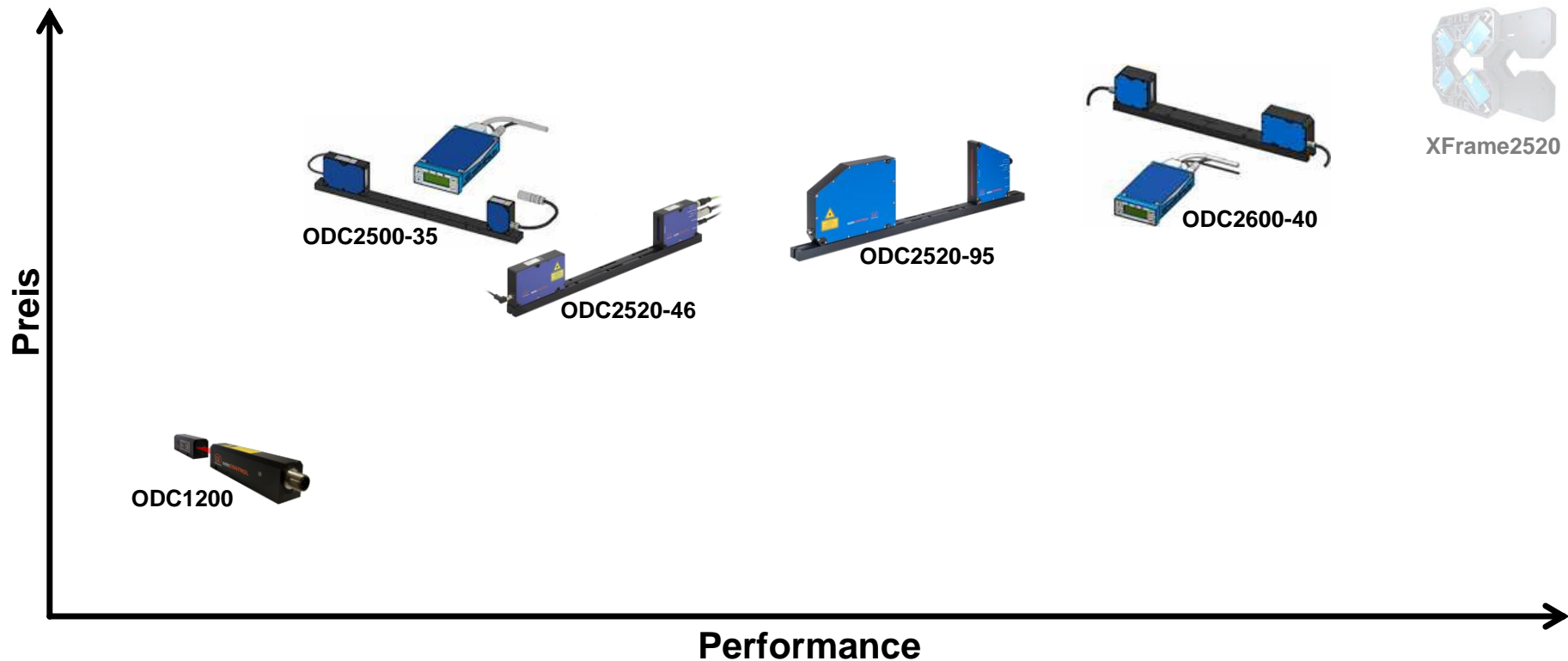
- Berührungslos und verschleißfrei
- Kein Einfluss auf das Messobjekt  
(Druck, magnetische wie elektrische Felder)
- Große Distanzen zum Messobjekt
- Präzise Messungen bei hoher Dynamik
- Kleine Laserlinie für kleine Messobjekte
- Nahezu unabhängig von der Messobjektoberfläche



# Einschränkungen

- Beeinflussung der Messung durch schmutzige Umgebung  
(Staub, Öl usw.)
- Komplexe Messobjektgeometrie  
(raue Kanten)
- Nicht einsetzbar im Vakuum





Messbereich: 2 bis 95 mm; Grenzfrequenz: bis 100 kHz; Messabstand: bis 5 m; Auflösung (typ.): ab 0,1  $\mu\text{m}$

Äußerst robust und kompakt

Große Tast- und Reichweite

OLED Display zur schnellen und einfachen Konfiguration

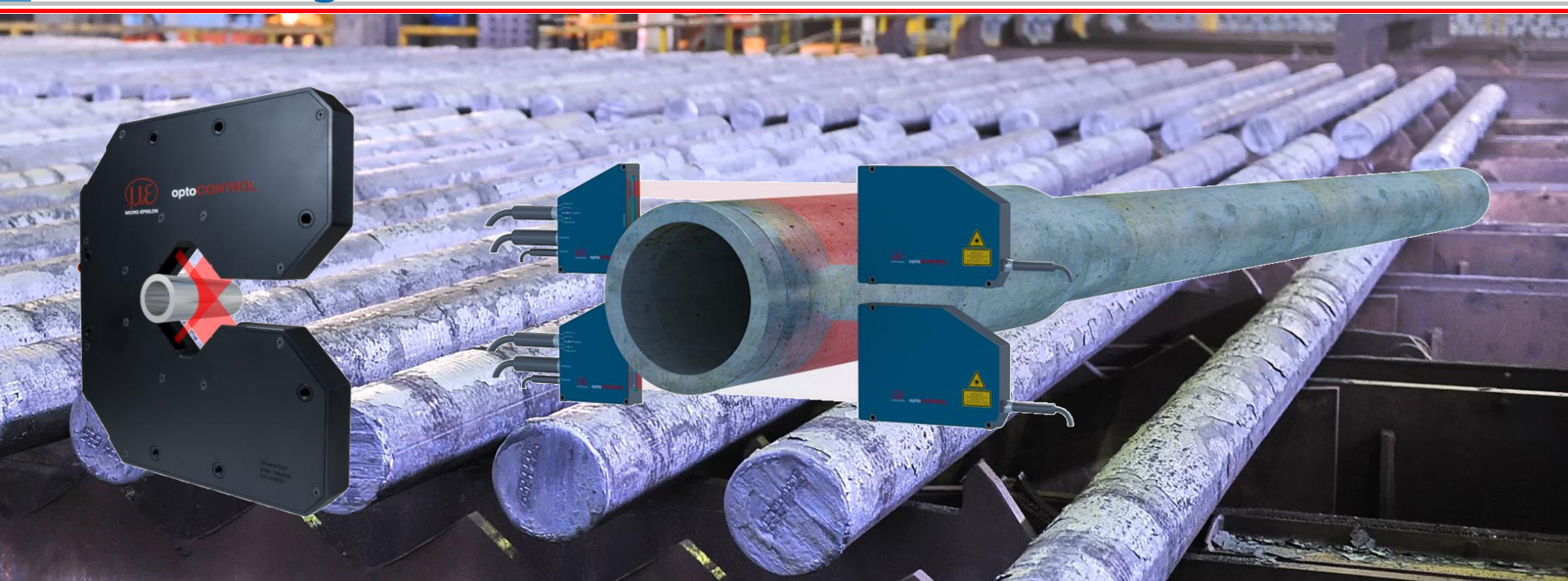
Vielzahl an Teach-in-Verfahren

Push-Pull Schaltausgang

Äußerst hohe Fremdlichtbeständigkeit

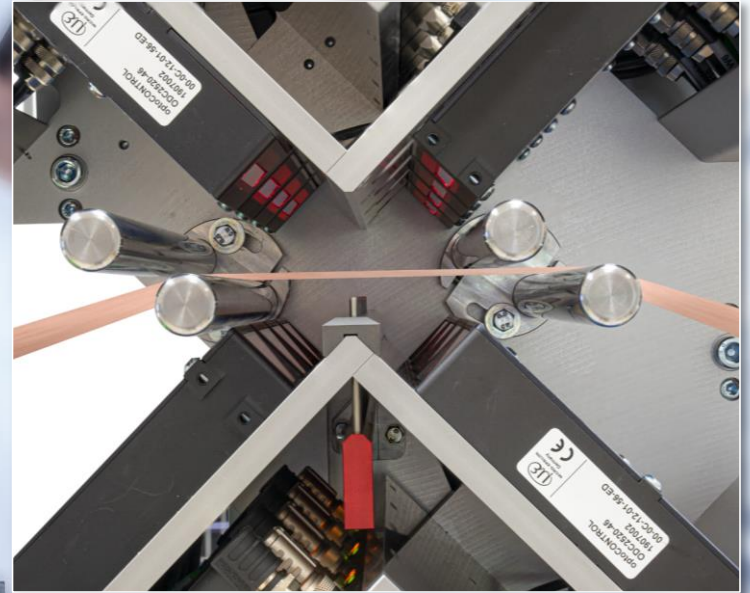
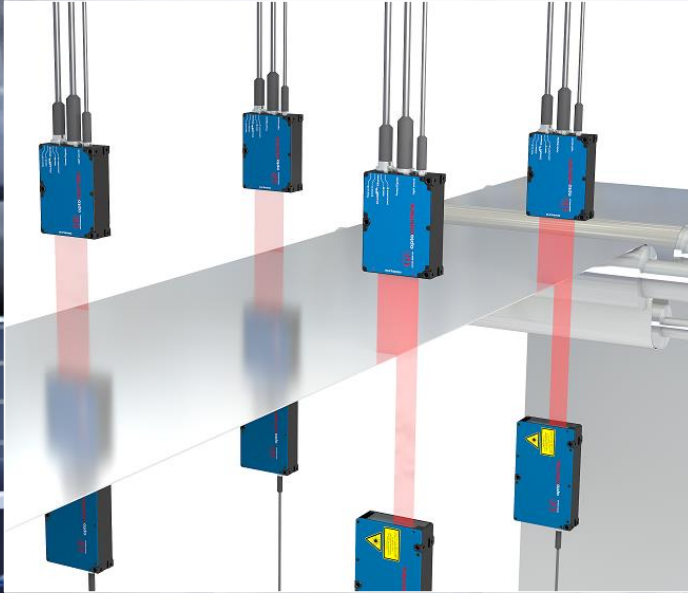






## Messung des Durchmessern von Langprodukten

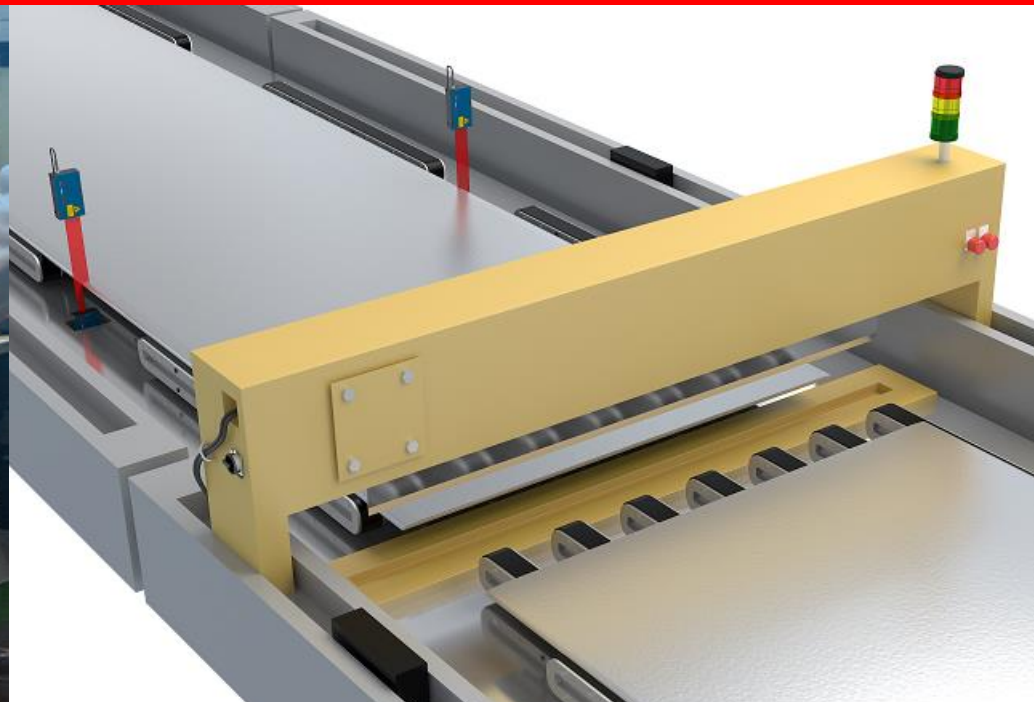
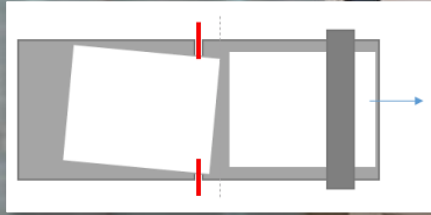
- Hohe Präzision unabhängig von der Legierung
- Kontinuierliche Messung mit hoher Messrate und bei variierenden Stärken



## Bahnkantenregelung der Elektrodenfolie

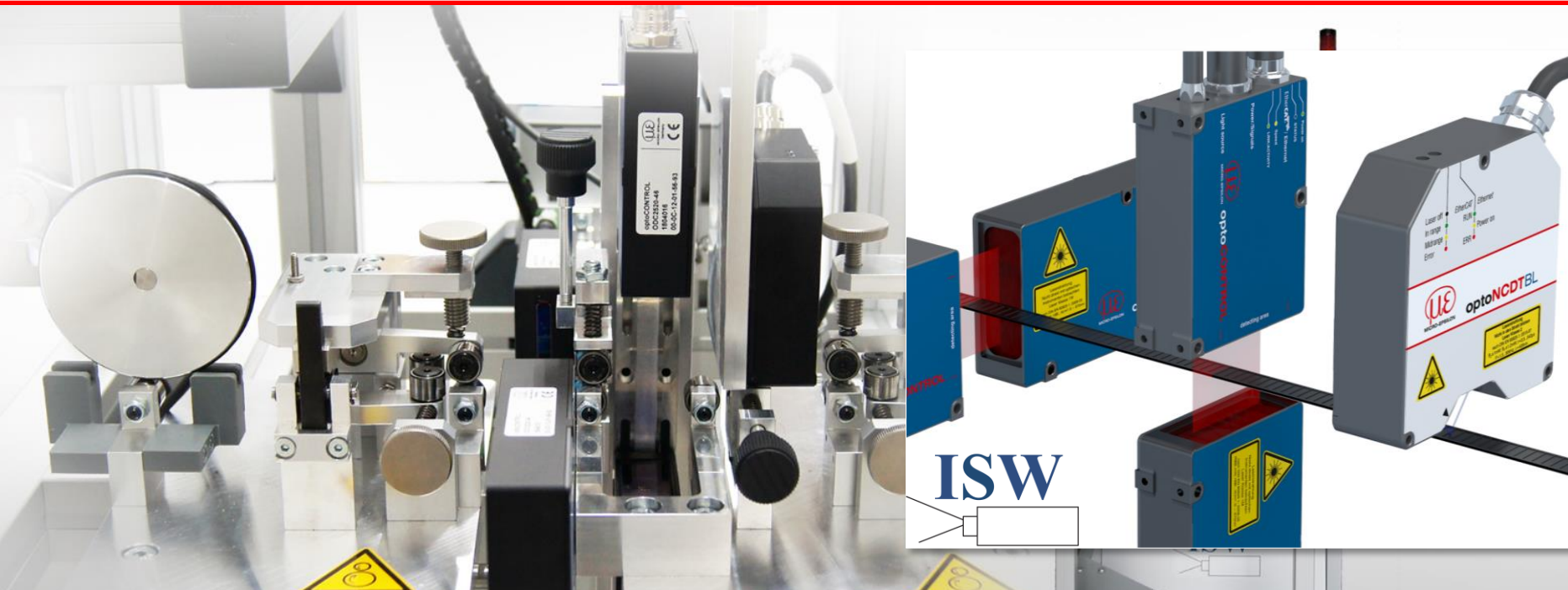
- Erfassung der Kantenposition mit hoher Genauigkeit
- Gleichzeitige Messung der Bahnbreite





## Dickenmessung und Positionierung

- Dimensionelle Qualitätskontrolle von Platten, Laminat, Furnieren usw.
- Messung direkt am Material bzw. für die Werkzeugüberwachung



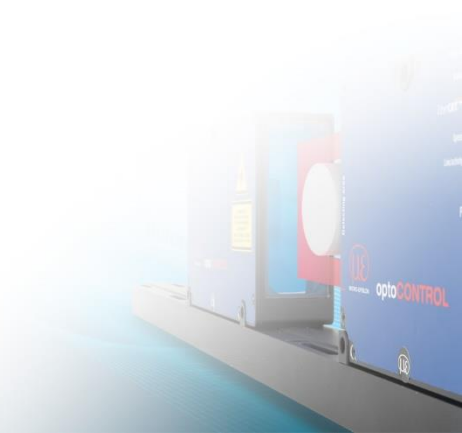
## Parameterkontrolle an Endlosband für Kabelbinder

- Live-Überwachung von Produktionsänderungen/Entwicklungsschritten
- Zuverlässige Messung unabhängig von der Farbe des Messobjekts



# Zusammenfassung

- Hohe Genauigkeit und Messrate
- Unterschiedliche Modelle für zahlreiche Anwendungsfelder
- Messobjekte ab 100  $\mu\text{m}$
- Verschleißfreie Messung für langlebigen Einsatz
- Auch für Messungen an:
  - Glas und Kunststoff
  - Runden, glänzenden bis spiegelnden Objekten

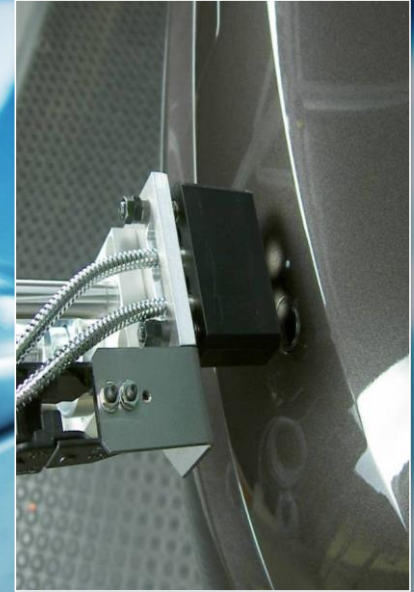


# Farbsensoren

## color**SENSOR** & color**CONTROL**

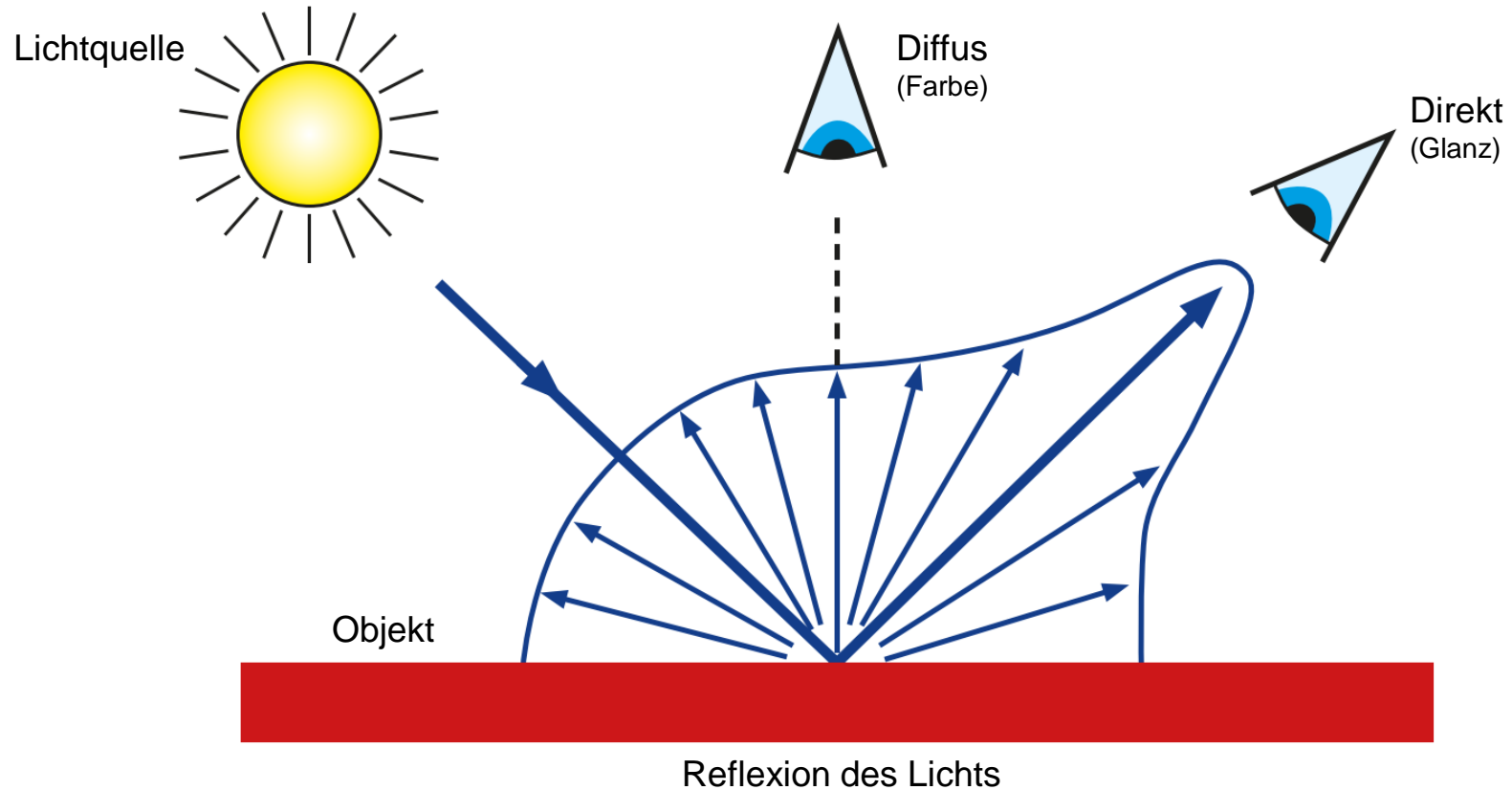


# Anwendungsbeispiel



## Farbmessung der Außenausstattung

- Hohe Messraten zur Einbindung in Fertigungslinien bzw. dynamische Prozesse
- Farbmessung und -erkennung von glänzenden und spiegelnden Oberflächen

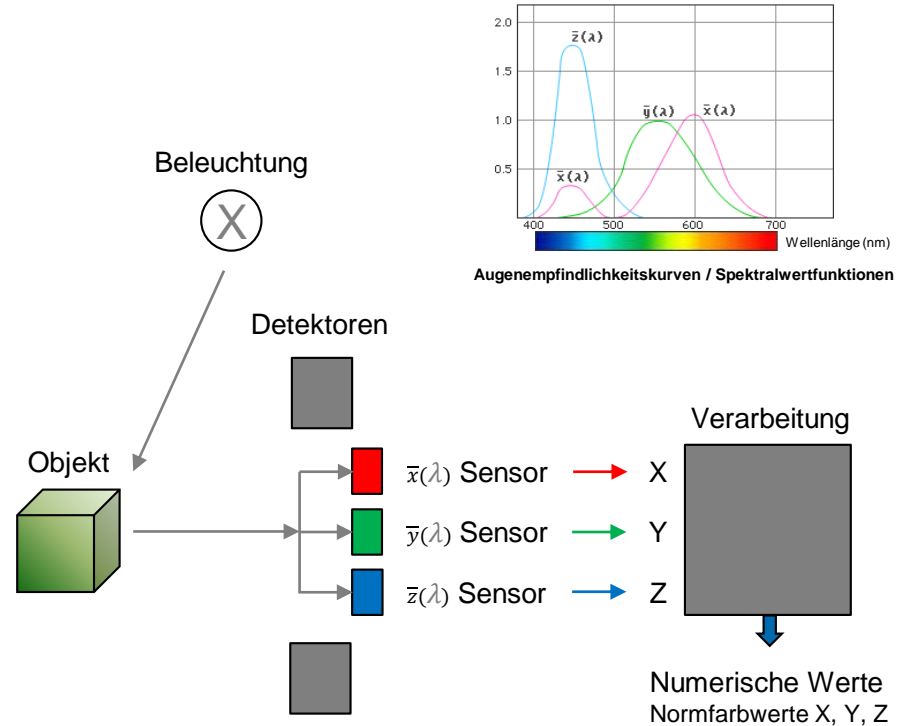
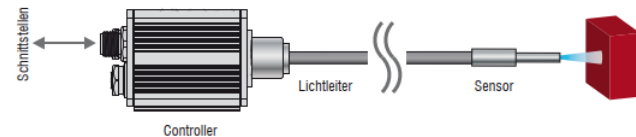




## Dreibereichsverfahren (True Color)

Farbfilter unterteilt empfangenes Lichtspektrum in drei Farbbereiche:

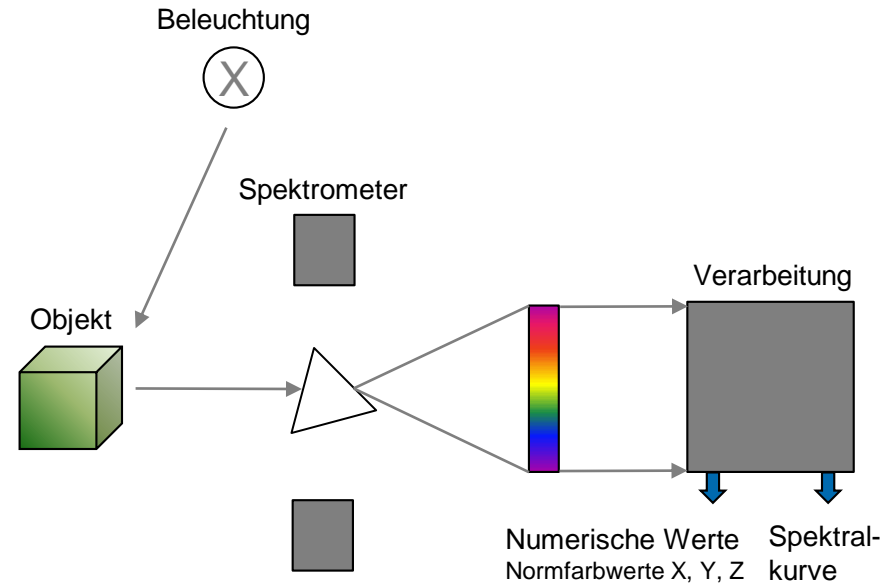
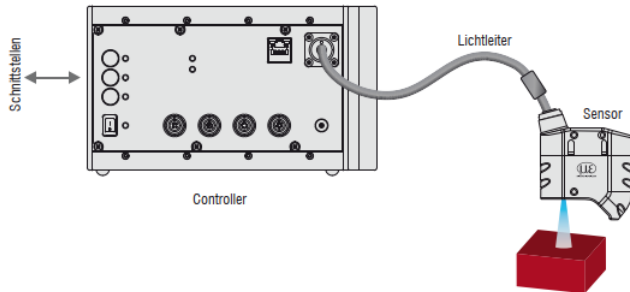
- kurz- (Z),
- mittel- (Y) und
- langwellig (X)

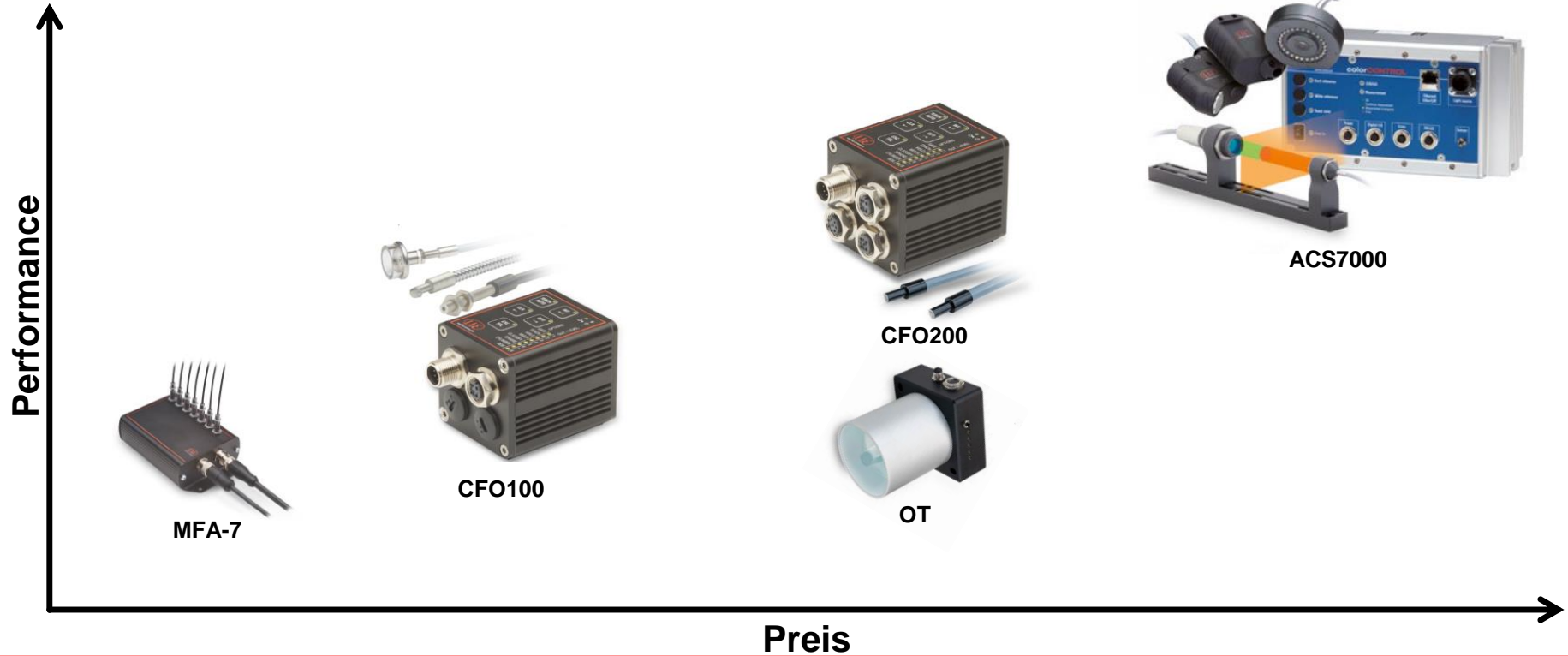


# Physikalische Grundlagen

## Spektralwertverfahren

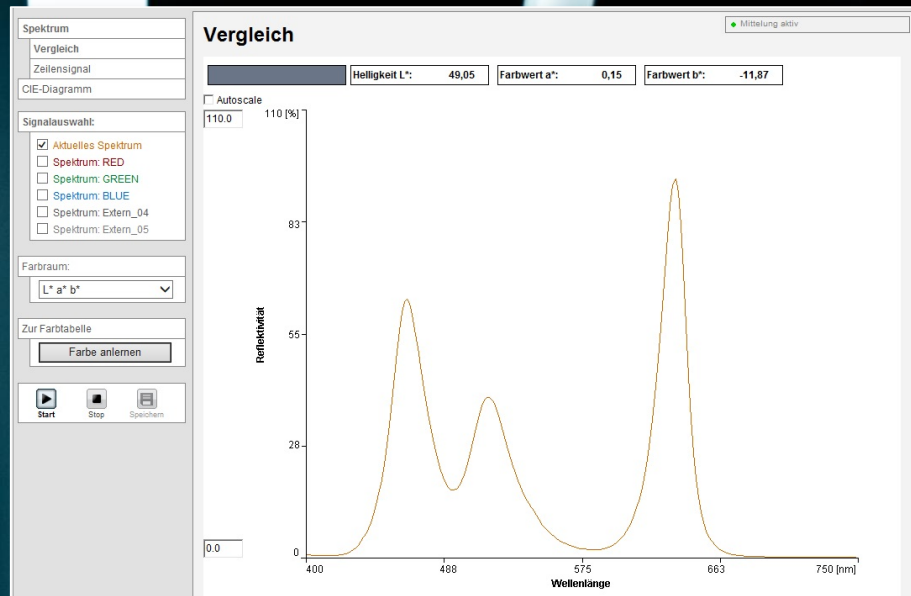
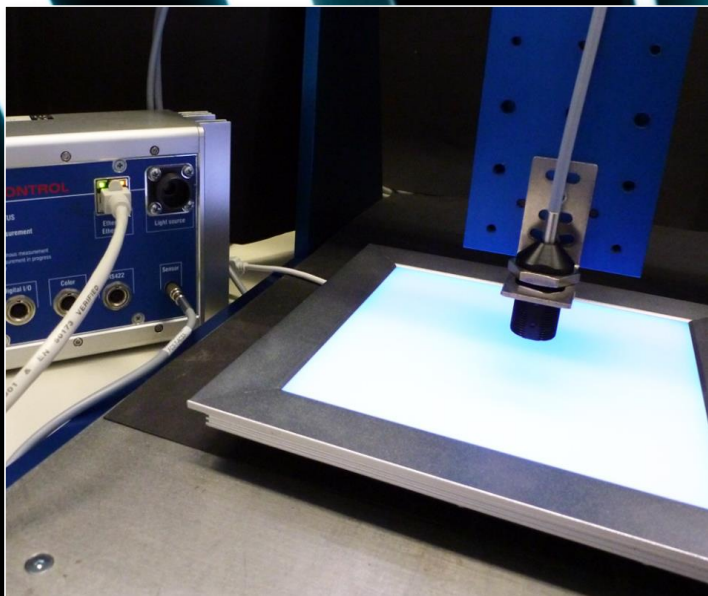
Spektrometer zerlegt Licht in 256  
Farbbereiche, aus denen Farbwerte  
präzise berechnet werden





Spektralbereich: 390 bis 780 nm; Messrate: bis 35 kHz; Reproduzierbarkeit: ab  $\Delta E = 0,08$

Photo by Maximalfocus on Unsplash



## Farb-Homogenitätsmessung an LED-Panel (RGB)

- Gewährleistung der Homogenität und Intensität während des Produktionsprozesses
- SPS-Anbindung über Ethernet-Schnittstelle und Digitale I/Os

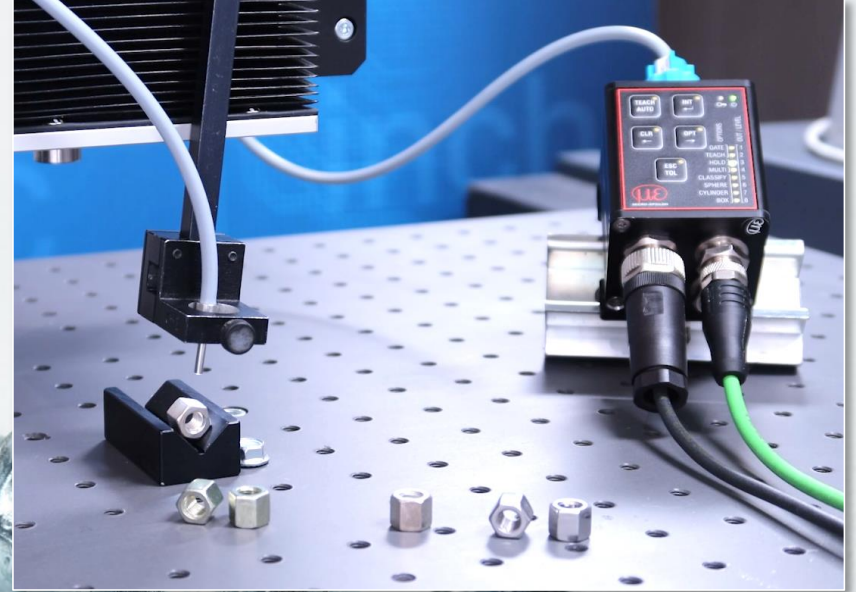
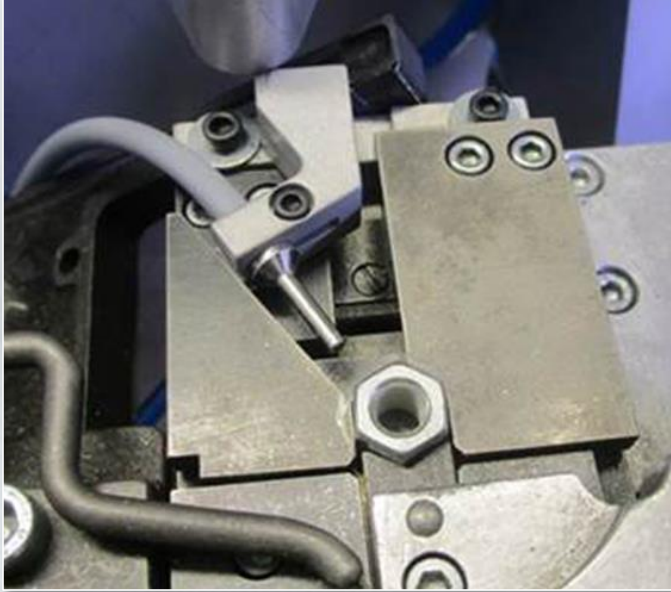




## Messung der Zinkbandfarbe in der Produktion

- Genaue und schnelle 100% Inline-Qualitätskontrolle
- Direkte Anbindung an die Steuerung über Ethernet-Schnittstelle

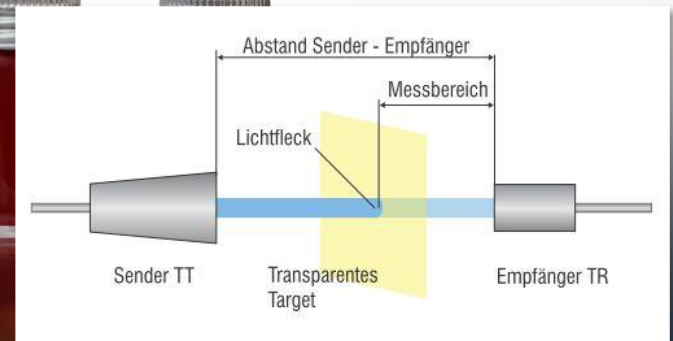
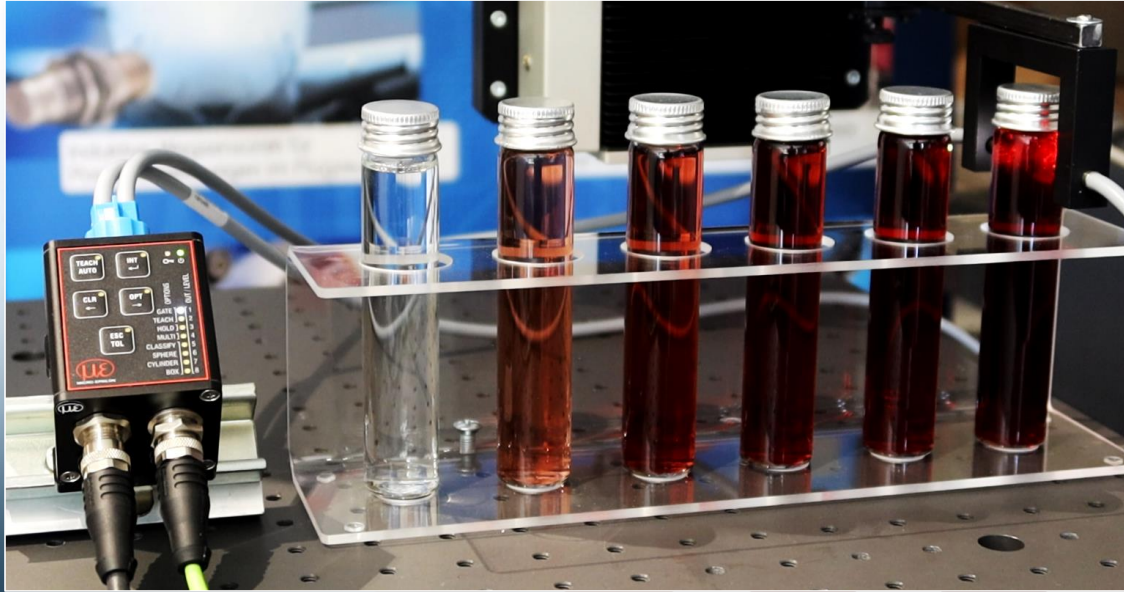
Photo by FLY:D on Unsplash



## Präzise Materialunterscheidung von industriellen Erzeugnissen

- Erkennung von metallisch glänzenden Oberflächen und verschiedenen Materialien
- Integrierte Multi-Teach-Funktion zur Bildung von Farbgruppen





## Präzise Trübungsmessung von Flüssigkeiten

- Zuverlässige Erkennung der Trübung, Konzentration und Durchlässigkeit
- Hohe Farbgenauigkeit und Reproduzierbarkeit zur Einhaltung höchster Standards

# Zusammenfassung

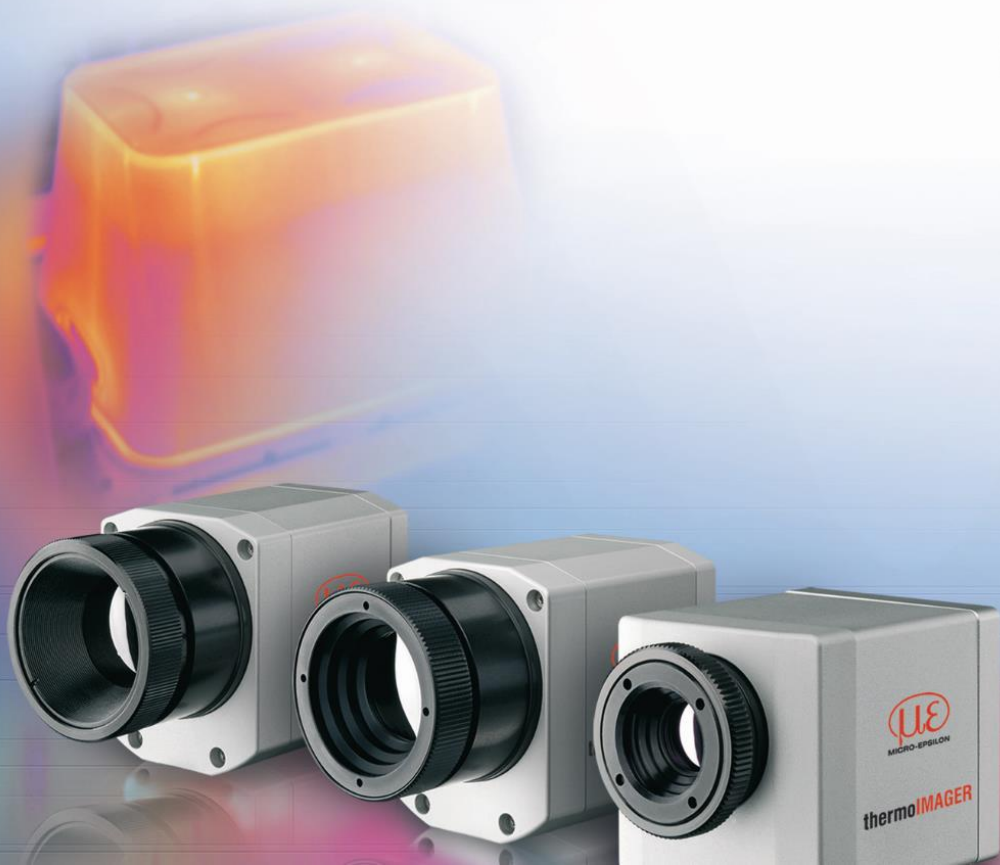
- Höchste Reproduzierbarkeit in der Farbe
- Berührungslos und lichtstark
- Hohe Messfrequenz (bis zu 30 kHz)
- Multi-Teach-Funktion
- Anwenderfreundliche Weboberfläche
- Viele Schnittstellen (Schaltsignale, Digitalausgänge, Feldbusse)
- Große Sensorauswahl für zahlreiche Applikationen
- Kundenspezifische Sensoren (Lichtwellenleiter)



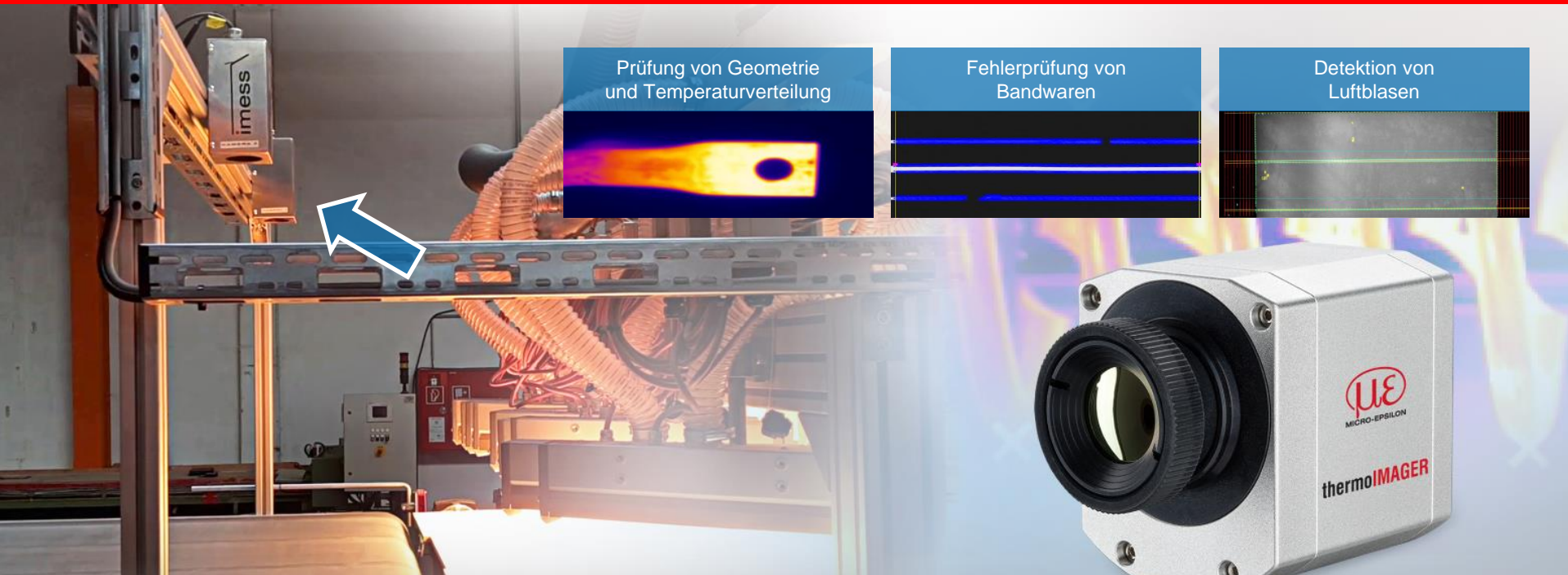


# Temperatursensoren

## thermoMETER & thermoIMAGER



# Anwendungsbeispiel

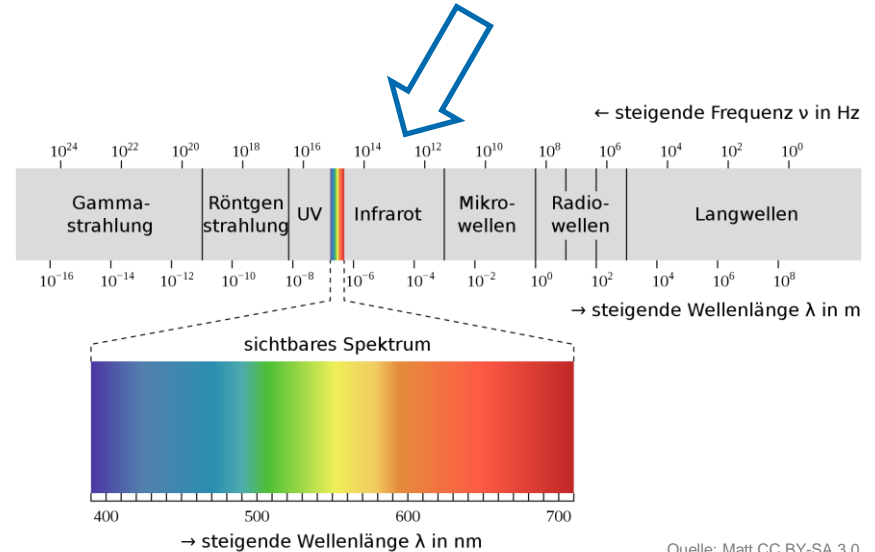


## Oberflächenkontrolle mit Wärmebildkameras

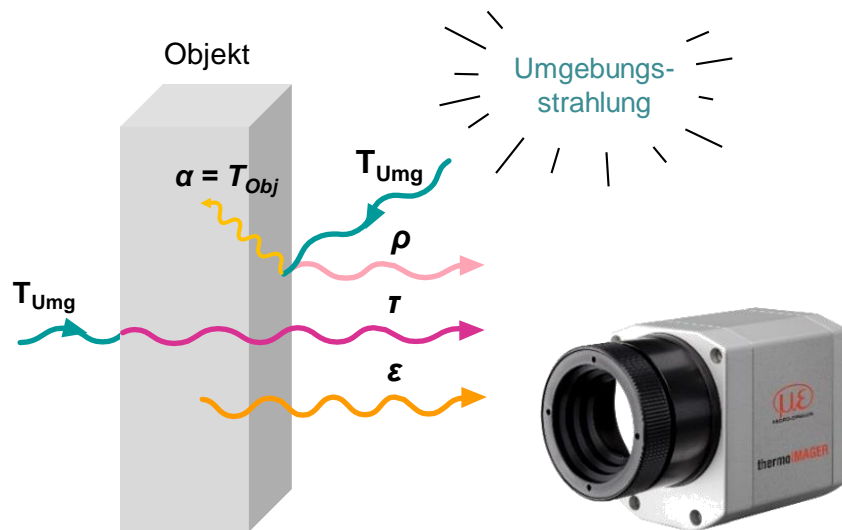
- Kompakte Bauform und einfache Integration in allen gängigen Industrieumgebungen
- Hochauflösend, kurze Reaktionszeit, schnelle Bildwiederholung und Zeilenmodus

## Infrarotstrahlung

- entsteht durch thermische Schwingungen der Elektronen und Atomkerne in Abhängigkeit der Objekttemperatur
- besteht aus Photonen
  - Bewegung mit Lichtgeschwindigkeit
  - Folgt den bekannten optischen Prinzipien  
(Beugung, Reflexion, Fokussierung mittels Linsen)



## Grundbegriffe



Essenziell für IR-Messung!

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1$$

Zumeist keine Transmission:

$$\varepsilon + \rho = 1$$

### Absorption ( $\alpha$ )

Strahlung, die vom Objekt aufgenommen wird

### Emission ( $\varepsilon$ )

Strahlung, die vom Objekt ausgesendet wird

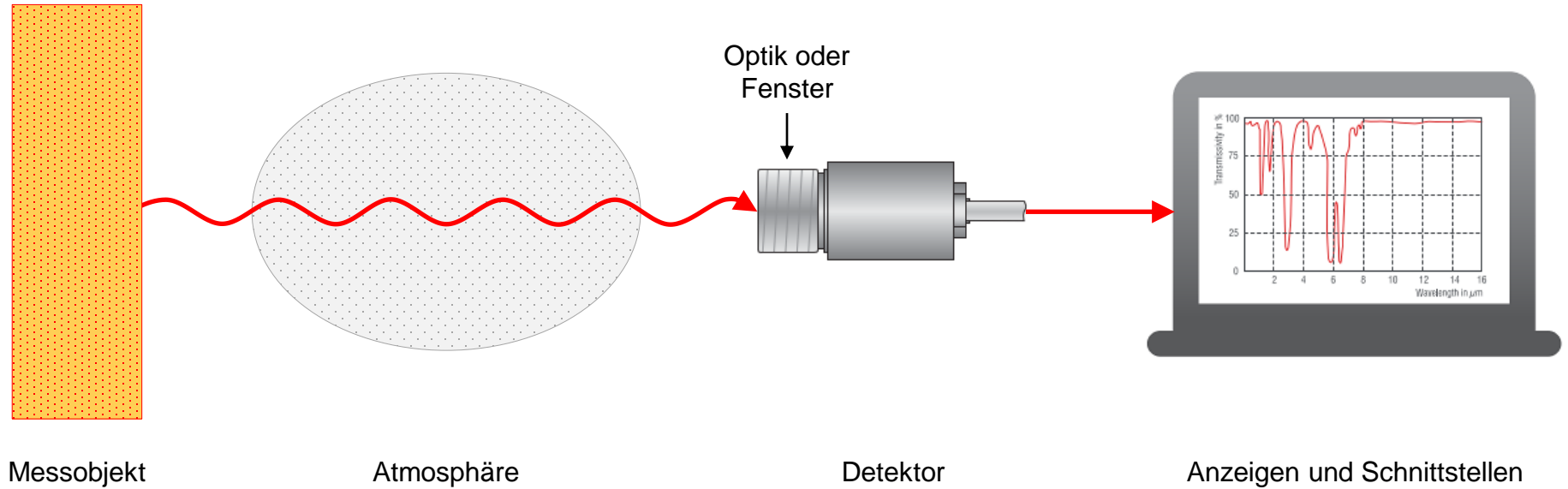
### Reflexion ( $\rho$ )

Strahlung, die vollständig oder teilweise von einer Oberfläche zurückgeworfen wird

### Transmission ( $\tau$ )

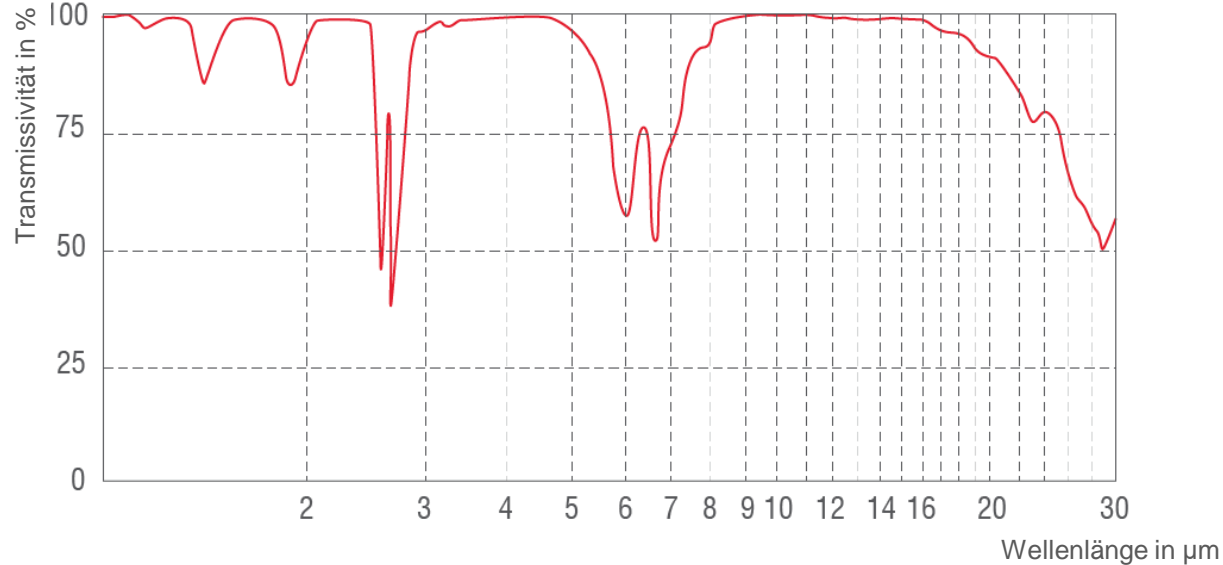
Strahlung, die vom Objekt hindurchgelassen wird





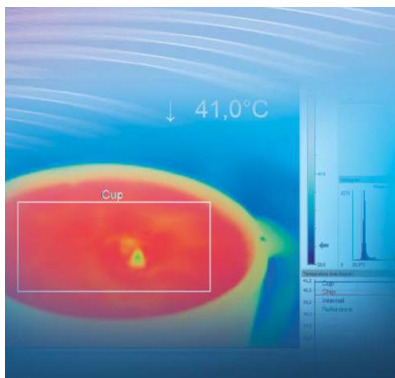
## Übertragungsstrecke (Atmosphäre)

Mögliche „Messfenster“: 1  $\mu\text{m}$  1,6  $\mu\text{m}$  2,3  $\mu\text{m}$  3,9  $\mu\text{m}$  5,2  $\mu\text{m}$  8  $\mu\text{m}$  -----14  $\mu\text{m}$



Nutzung der „Fenster“ zur Messung

# Spektralbereiche (typisch)



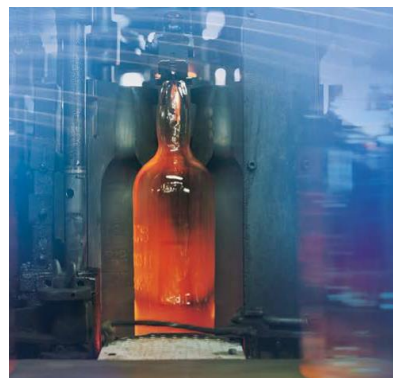
Universell

8 ... 14  $\mu\text{m}$



Metall

0,5 ... 2,3  $\mu\text{m}$   
(flüssig bis heiß)



Glas

2,3 ... 7,9  $\mu\text{m}$   
(auf und durch)



Kunststoff

3,43 / 7,9  $\mu\text{m}$

Für exakte Werte siehe Angaben der einzelnen Modelle in Datenblättern / Katalogen.

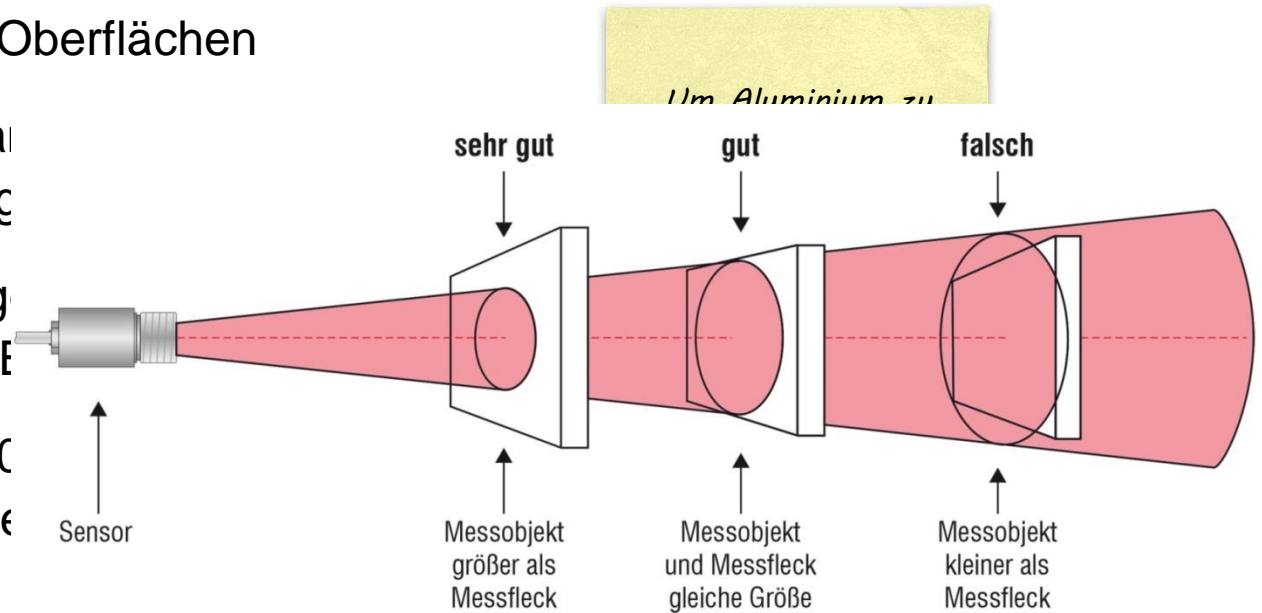
- Berührungslos und rückwirkungsfrei
- Großer Temperaturmessbereich von -50 bis +1.900 °C
- Temperaturbeständigkeit der Pyrometer bis zu 250 °C
- Erfassungszeit / Bildwiederholfrequenz bis 1 ms / 1 kHz
- Messfleck ab 0,45 mm (Pyrometer)
- Optische Auflösung bis 764 x 480 Pixel (Kamera)
- Analog- und Digitalausgänge, inkl. Ethernet / PROFIBUS DP / USB
- Spezielle Serien für Glas-, Metall- und Keramikproduktion



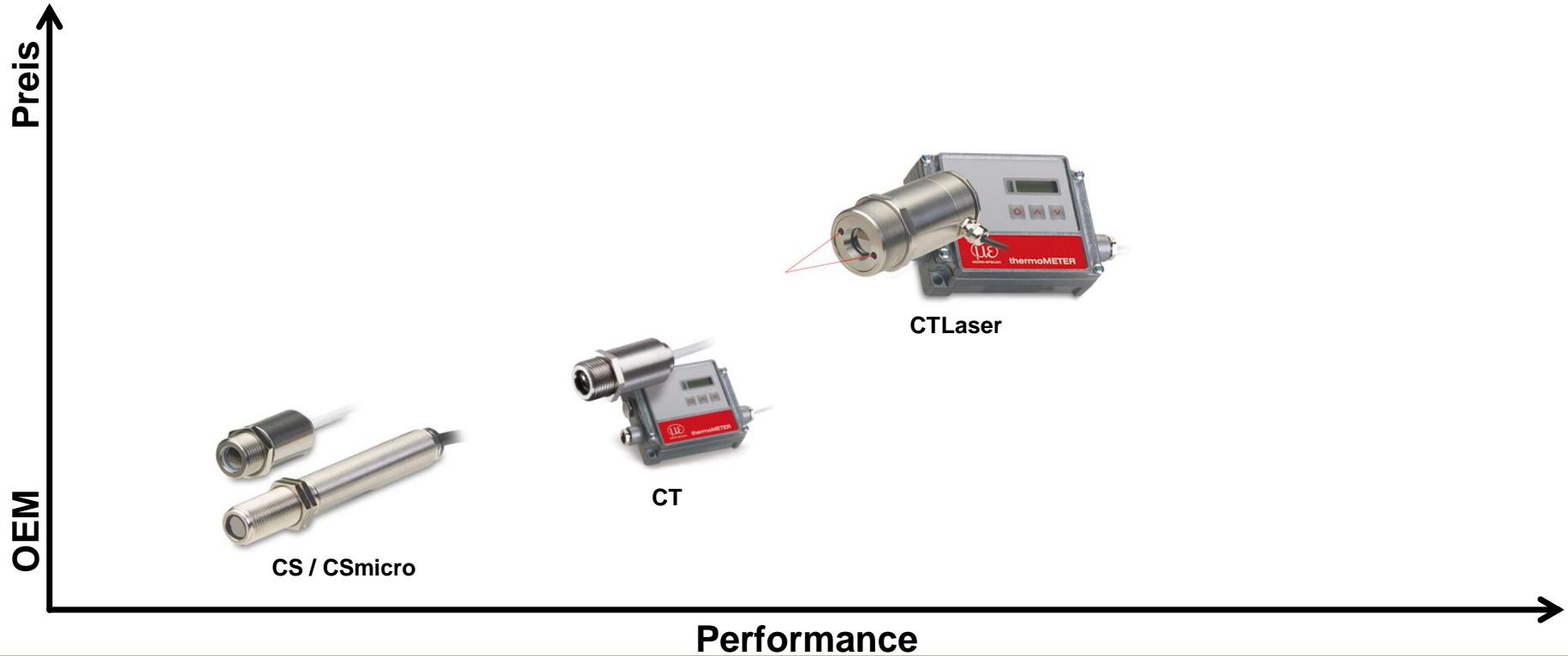


# Einschränkungen

- Messfleck des Pyrometers sollte kleiner als das Messobjekt sein
- Glänzende metallische Oberflächen
- Oberflächen mit unbekanntem Emissionsgrad zu geringem Emissionsgrad
- Aluminium kann kaum gemessen werden wegen schwankendem Emissionsgrad
- Metalle unterhalb von 200°C schwer gemessen werden

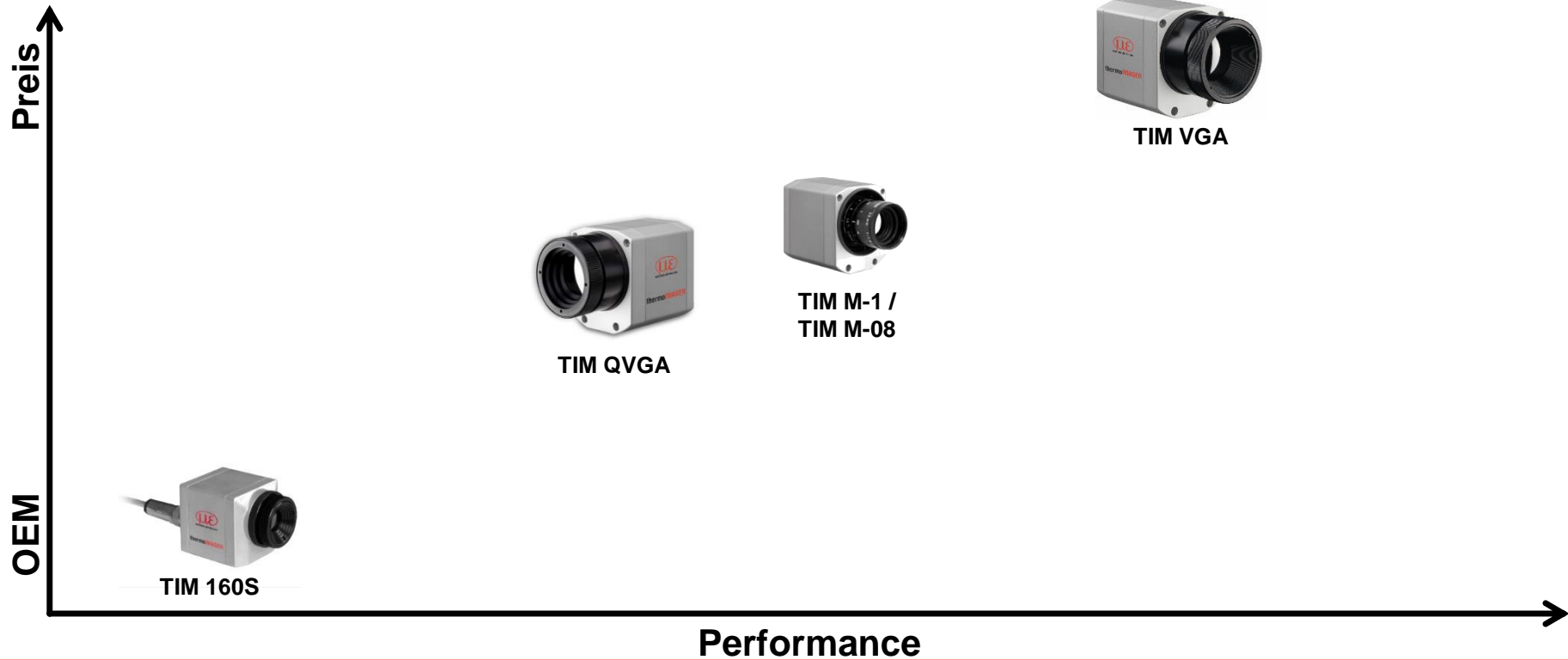


# Produktportfolio Pyrometer

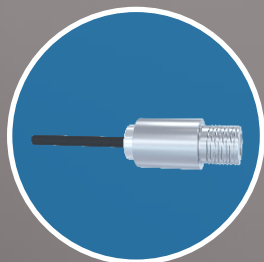


Temperaturbereich: -50 bis 1.600 °C; Spektralbereich: 1,6 bis 14  $\mu\text{m}$ ; Auflösung: ab 0,05 °C

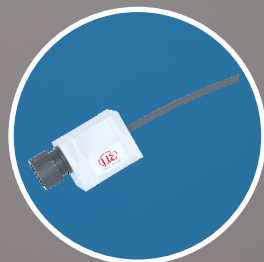
# Produktportfolio Wärmebildkameras



Temperaturbereich: -20 bis 1.900 °C; Spektralbereich: 1 bis 14  $\mu\text{m}$ ; Empfindlichkeit: ab 40 mK

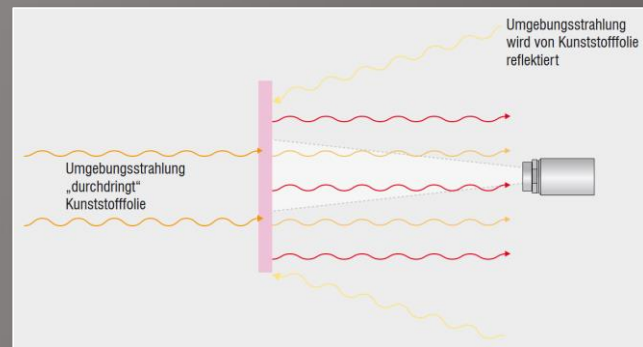


IR-Temperatur-  
sensor



IR-Kamera

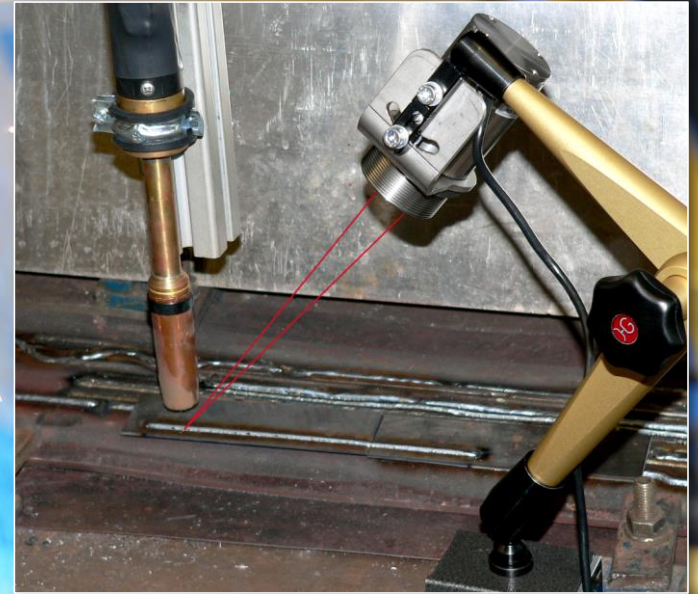
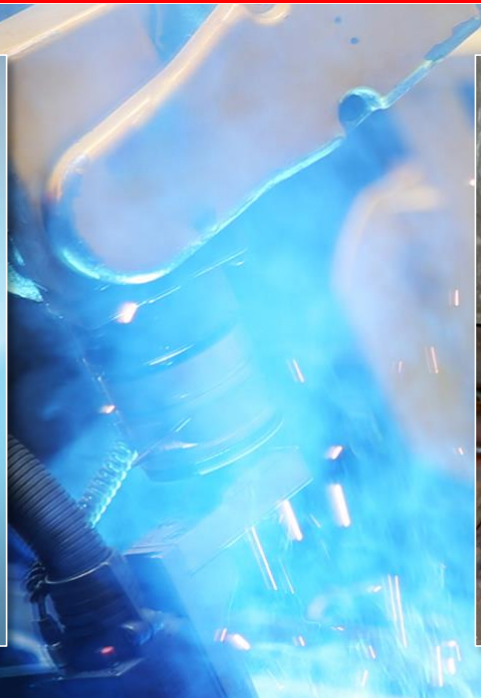
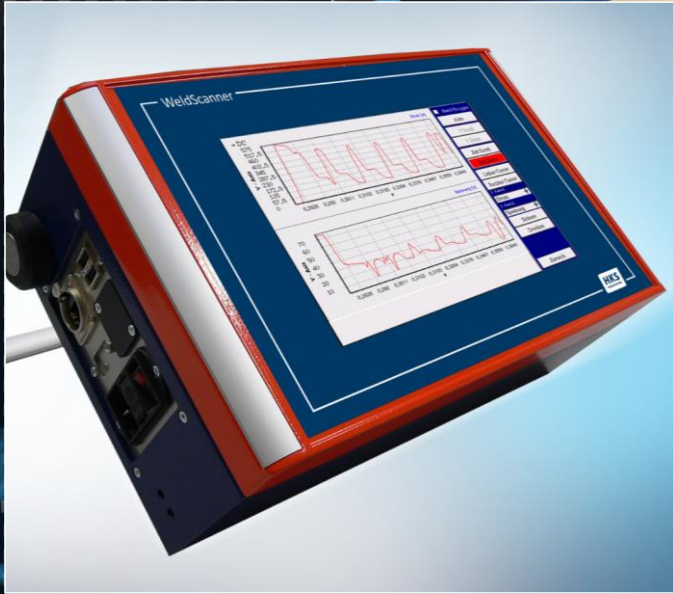
IR-Kamera mit  
Line-Scan-  
Funktion



## Temperaturüberwachung in der Kunststoffindustrie

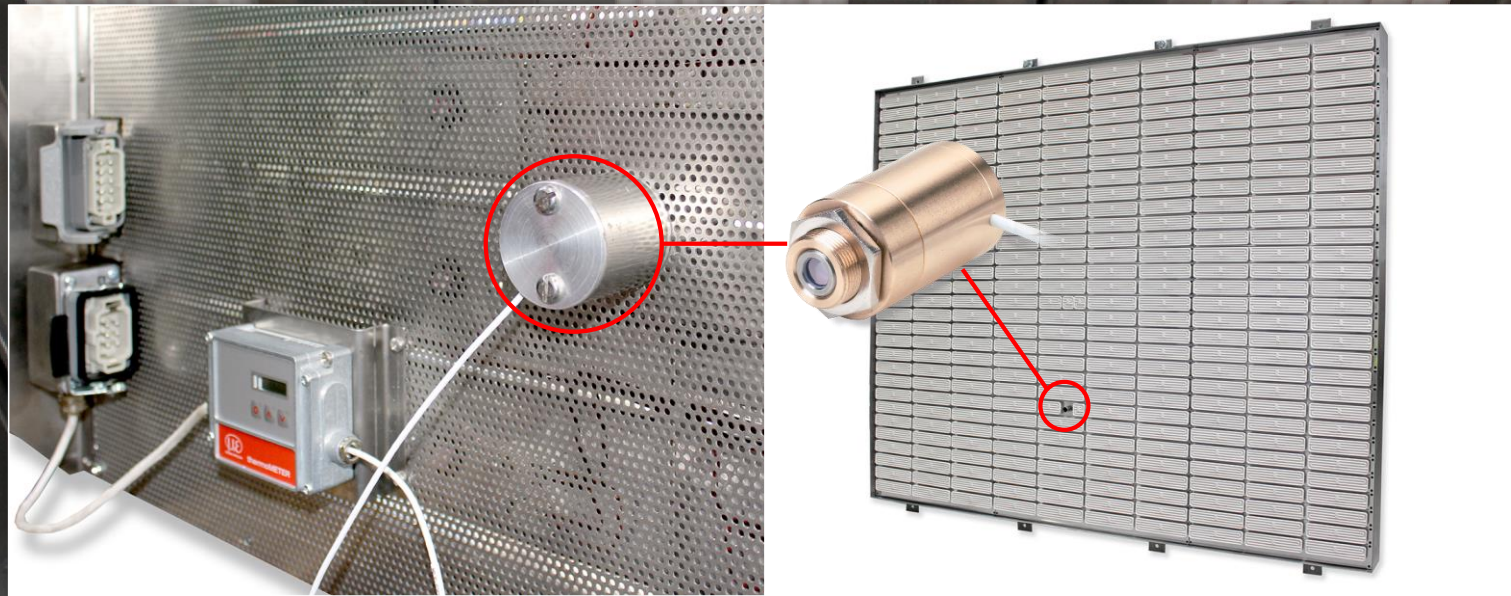
- Gewährleistung der optimalen Produktionstemperatur im Verarbeitungsprozess
- Sicherung einer hohen Temperatur-Homogenität





## Erfassung der Abkühlzeit in Schweißanlagen

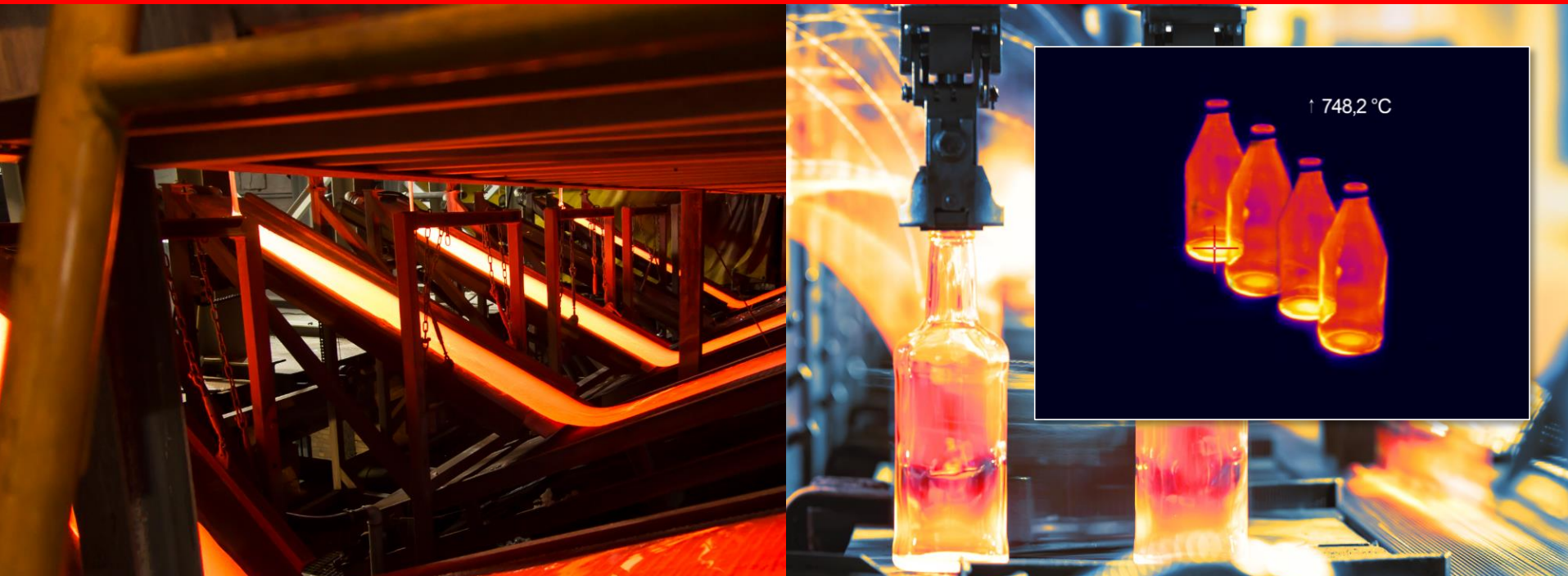
- Robuste Ausführung mit kurzweiliger Messung für metallische Oberflächen
- Doppel-Laser-Visier zur einfachen und schnellen Justage des Sensors



## Präzise Temperaturüberwachung von Infrarot-Heizelementen

- Hohe Temperaturbeständigkeit des Sensors, Präzision und Reproduzierbarkeit
- Flexibilität durch analoge Ausgangsoptionen und parallelen Digitalausgang





## Temperaturmessung in der Glasindustrie

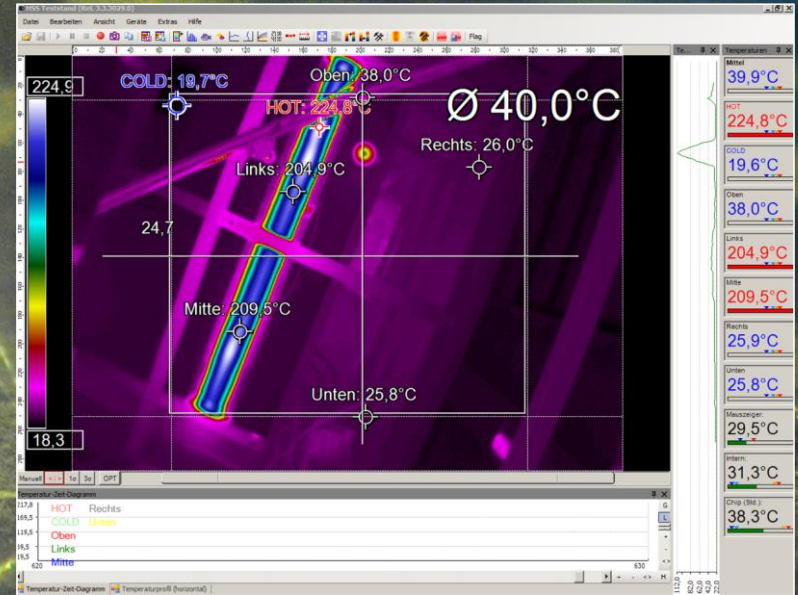
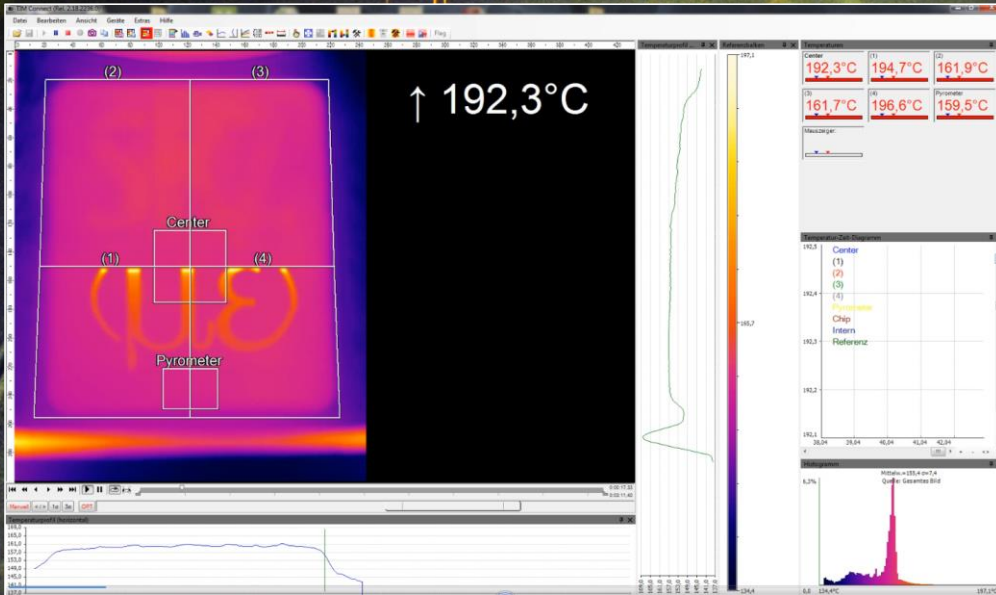
- Überwachung des Abkühlvorgangs von Floatglas
- Hot-Spot-Messung bei der Herstellung von Glasflaschen



## Überwachung und Regelung von Fertigungsprozessen in der Metallurgie

- Zahlreiche Modelle, Ausstattungsoptionen und Schnittstellen => Flexibilität
- Kurzweiliger Bereich zur schnellen und präzisen Messung auf heißen Oberflächen





## Temperaturüberwachung im 3D-Druck (Pulverbett, Bauteile, Trägerplattform)

- Schnelle Kameras mit verschiedenen Optiken zur Erfassung dynamischer Prozesse
- Messung aus sicherer bzw. größerer Distanz

# Zusammenfassung

- ✓ Berührungslose Temperaturmessung
- ✓ Robuste Industriemesstechnik

## thermo**METER**

- Temperaturbereich: -50 ... +1.600 °C
- Geeignet für schnelle Messungen
- Präzise und stabile Messungen
- Erfassung kleinster Messobjekte
- Distanz zum Messobjekt frei wählbar

## thermo**IMAGER**

- Temperaturbereich: -20 ... +1.900 °C
- Kleine Kameras ideal für OEM-Einsatz
- Bis zu 1 kHz für schnelle Prozesse
- Auflösung von bis zu 764 x 480 Pixel
- Lizenzfreie Analysesoftware und komplettes SDK inklusive

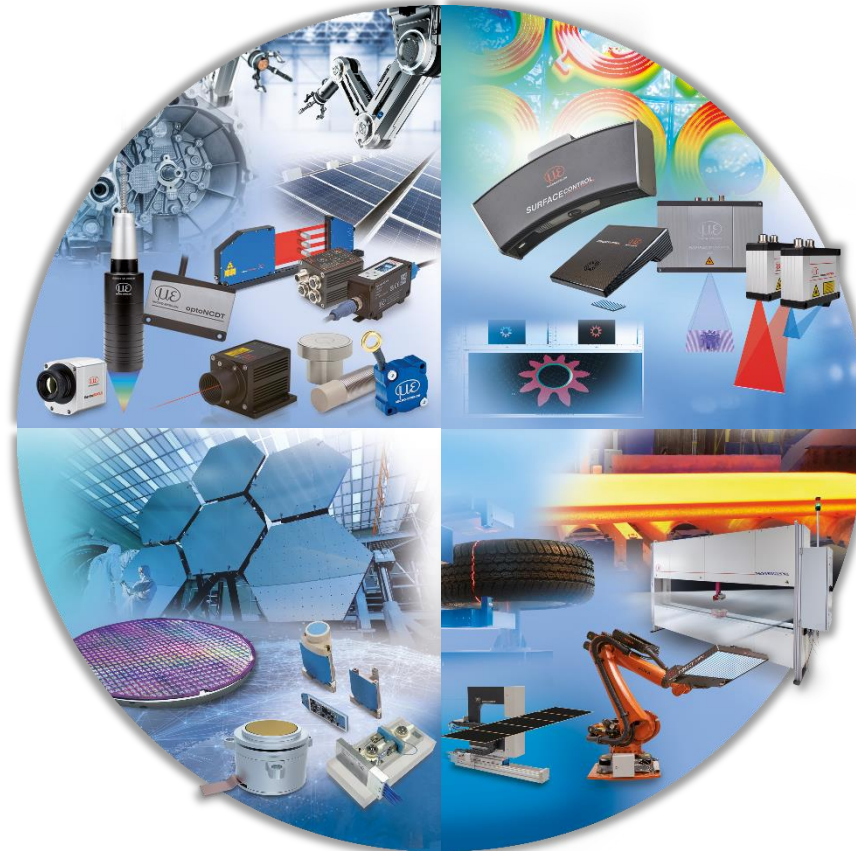


# Vergleich der Messverfahren

## Lösung kundenspezifischer Aufgaben



*Industriesensorik und  
Wegmesstechnik*

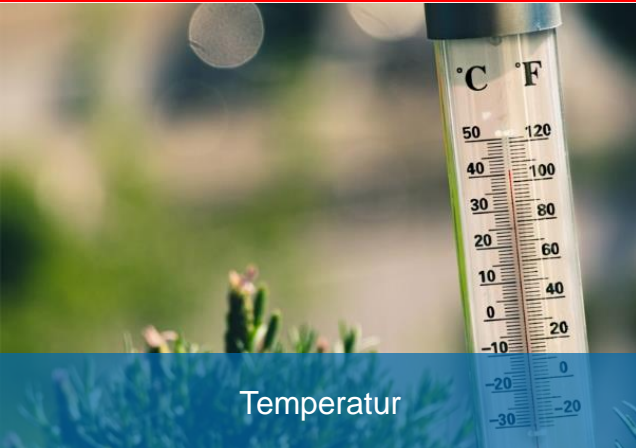


*3D-Sensorik und  
-Messtechnik*

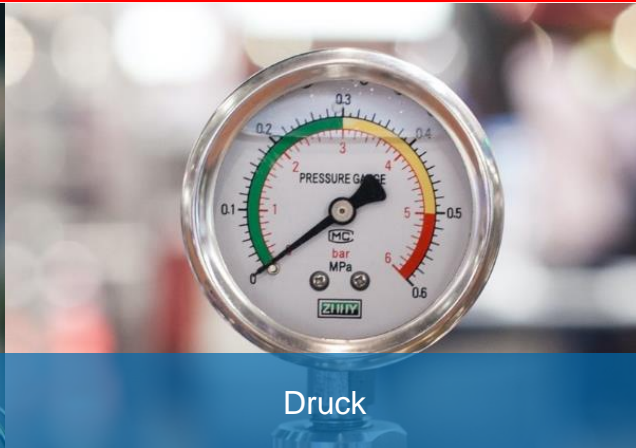
*Mikromechatronik*

*Mess- und Inspektions-  
systeme*

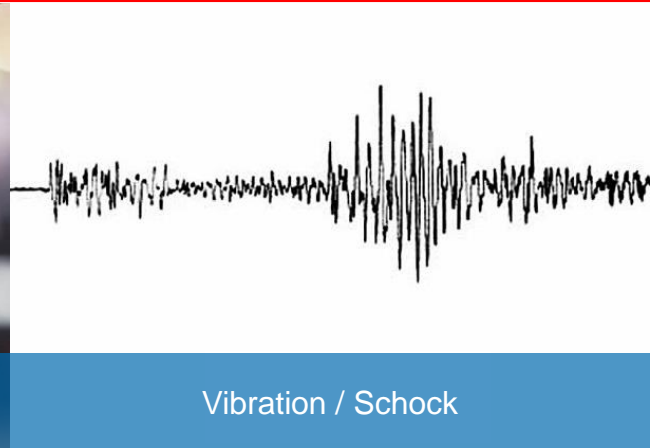




Temperatur



Druck



Vibration / Schock



Medien / Schmutz



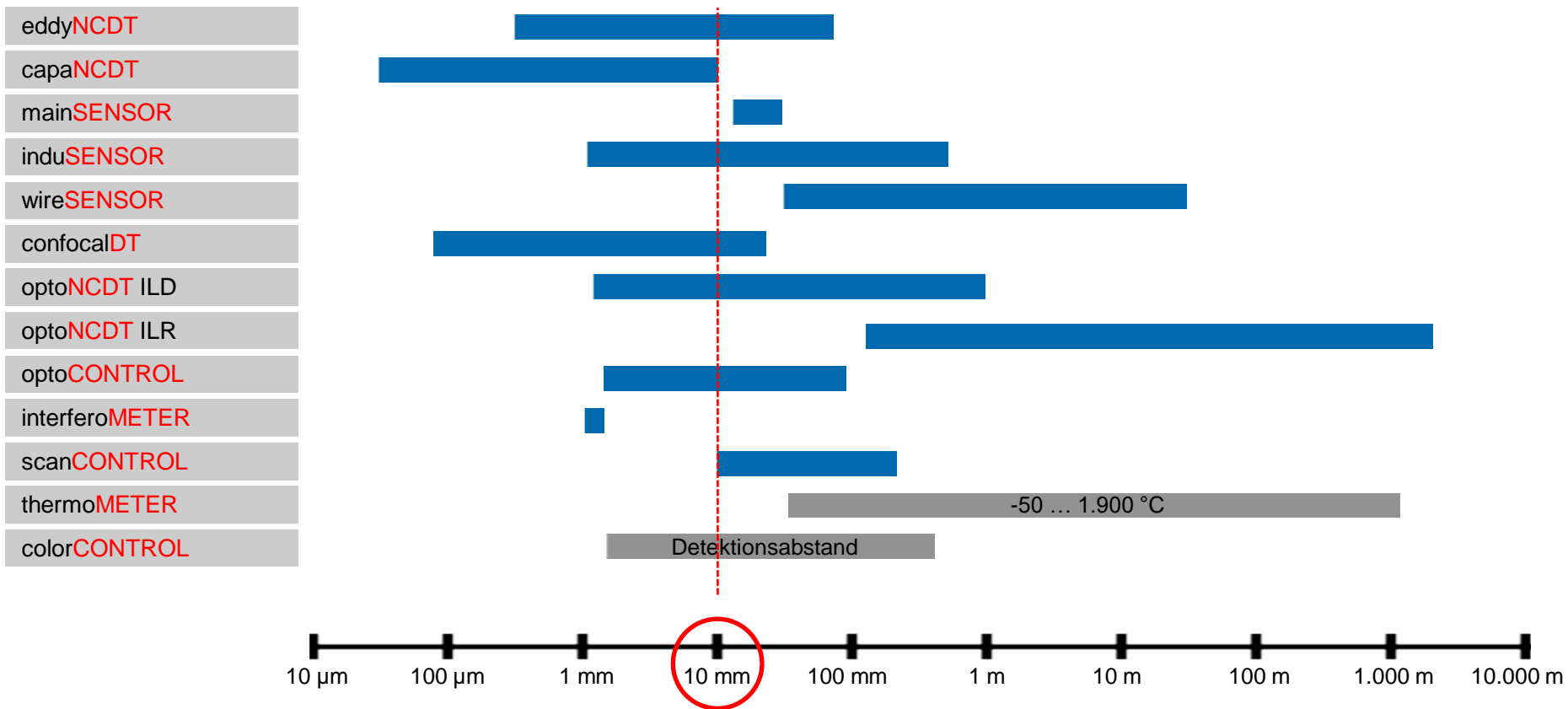
Oberfläche

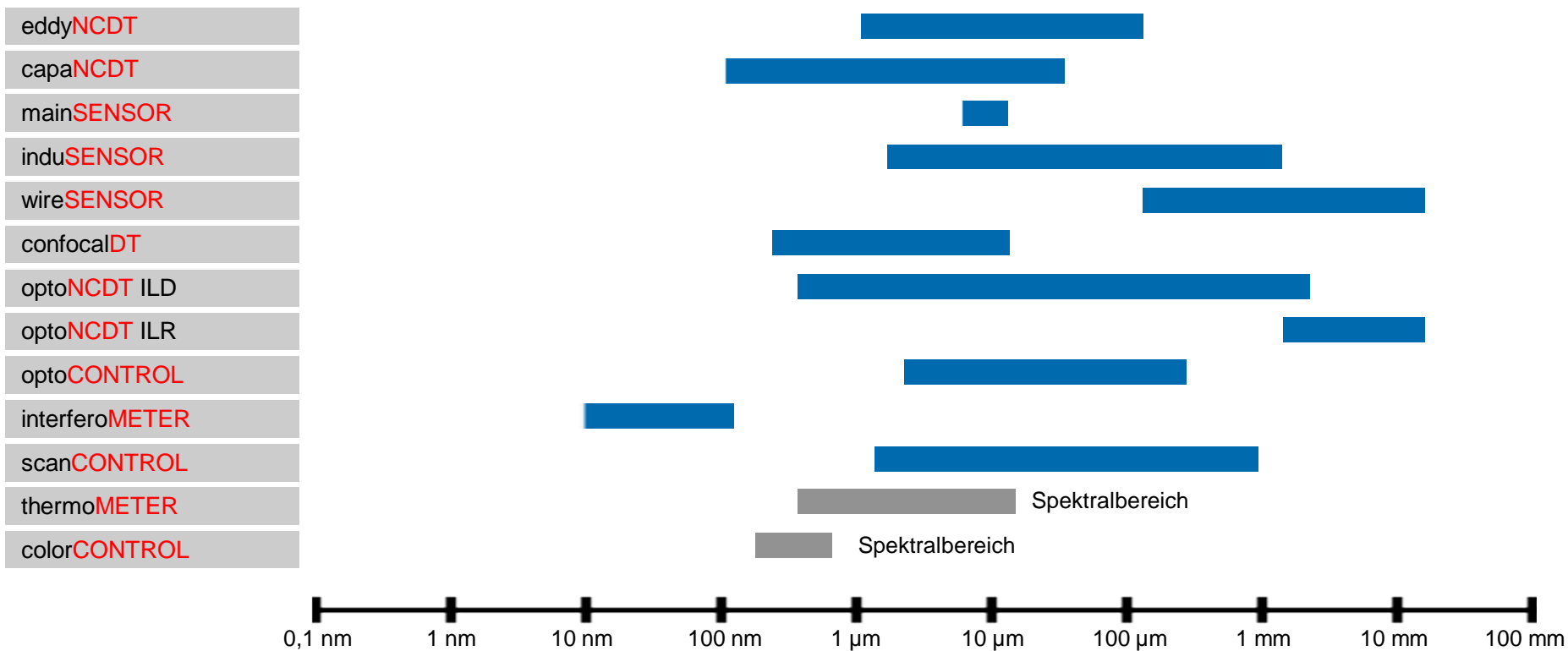


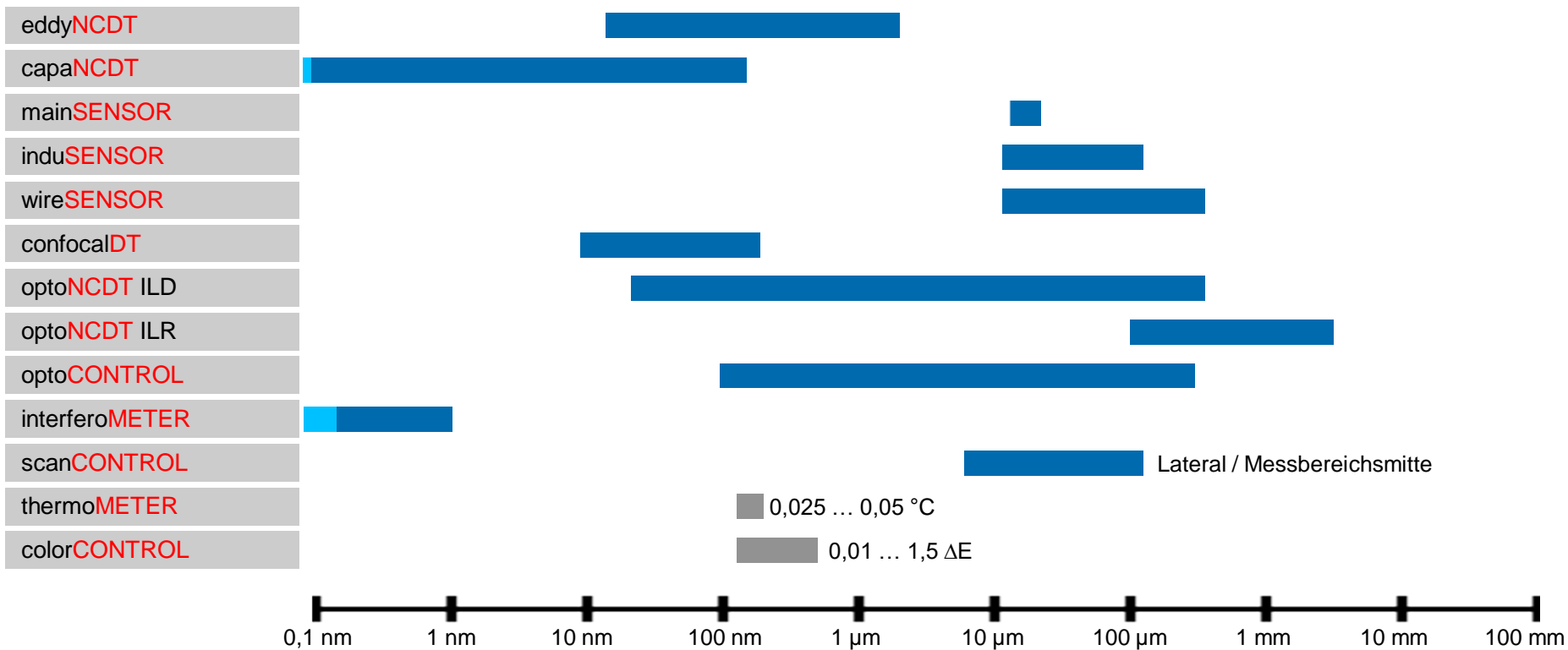
Einbausituation



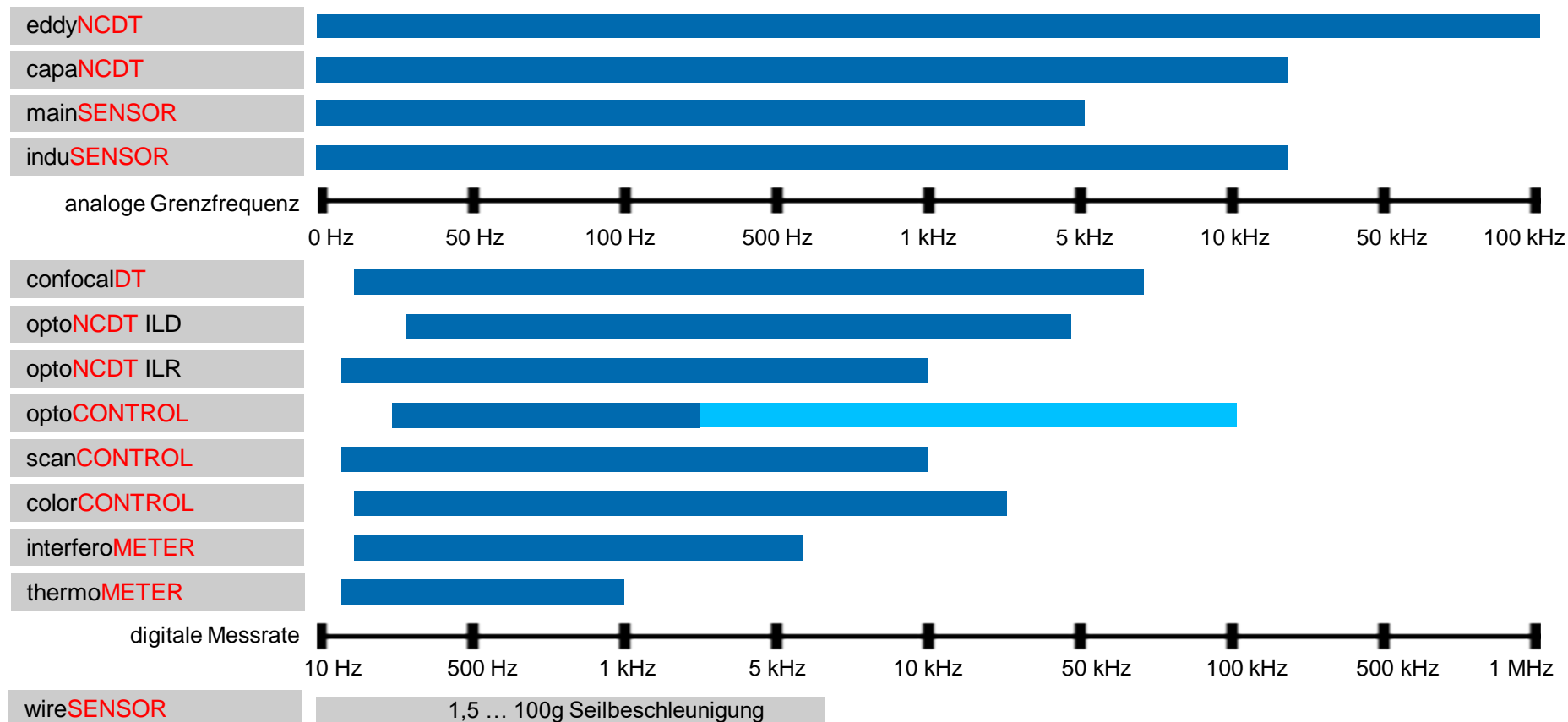
# Messbereich





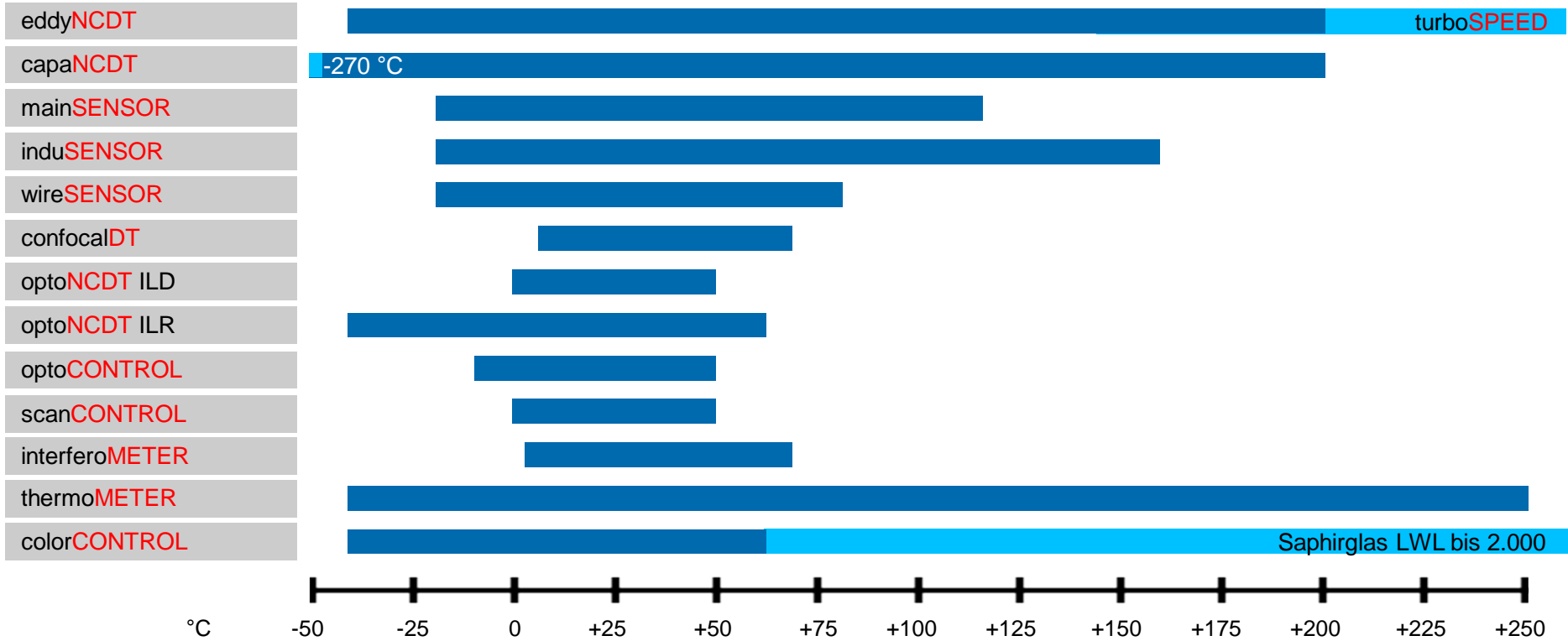


# Geschwindigkeit



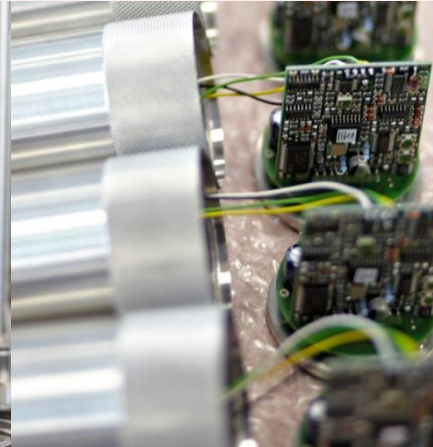


# Temperatur am Sensor



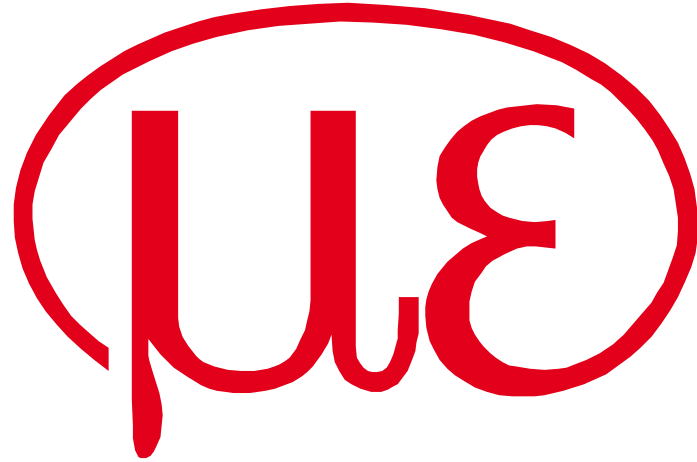
# Kundenspezifische Anpassungen

- Bauform
- Anschlüsse
- Messbereich
- Kalibrierung
- Befestigungsoptionen
- Schnittstellen
- Software
- und vieles mehr ...



# Offene Fragen





**MICRO-EPSILON**