2D-Geometrieprüfung und -messung, Projektierung von Durchlicht und Auflichtanwendungen, Messung mit Subpixelgenauigkeit

Aib Workshop

Weimar, 20.02.2003

gbs

Kompetenzen im ZBS e.V. / GBS mbH Ilmenau

- ZBS - industrienahe Forschungen auf den verschiedensten Gebieten der Bildverarbeitung
- Schwerpunkt Thüringer Unternehmen
- Nutzung von Synergien mit der Technischen Universität Ilmenau
- GBS - Projektierung und Realisierung kundenspezifischer Bildverarbeitungslösungen
- Systemintegrator für intelligentes Matrixkamerasystem, DVT-Smartkameras
- Erfahrungen auf den Gebieten:
  - Geometrieprüfung und -messung, 1D, 2D, Lichtschnitt
  - Gewinnung und Verarbeitung von 3D-Daten, Softwarebibliothek
  - Oberflächeninspektion, künstliche und natürliche Materialien
  - Hohlrauminspektion, langgestreckte Bohrungen
  - Druckbildkontrolle und Farbbewertung

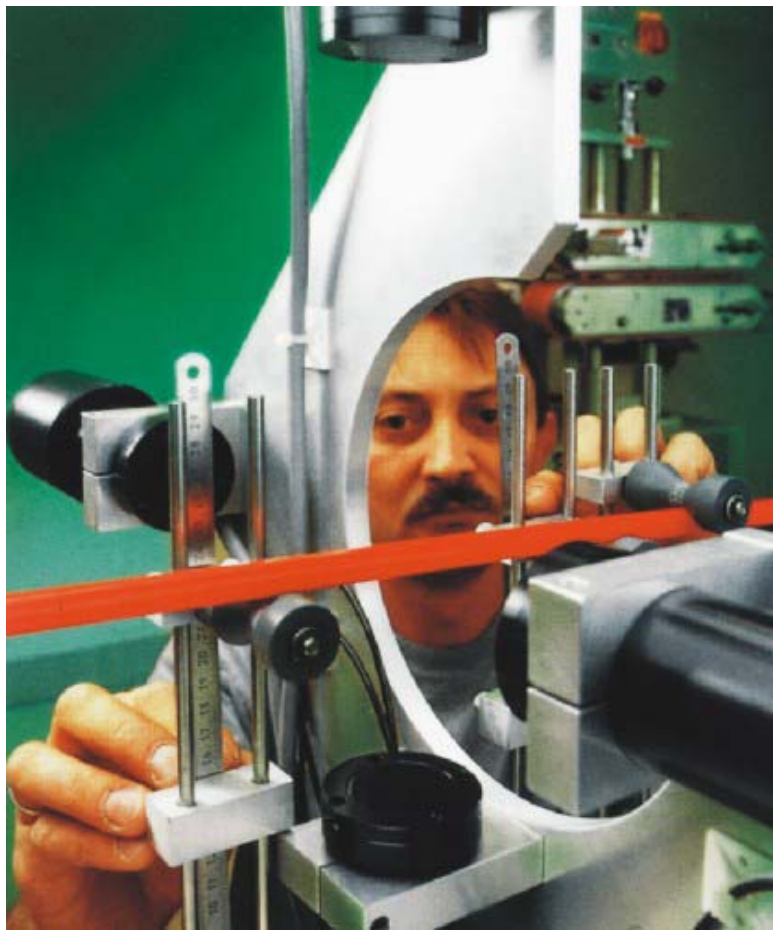
Komponenten einer Messstelle

- Kamera
- Objektiv
- Beleuchtung
- Prüfplan
- Handling
- Integration in die Fertigungsanlage
- Installation und Kalibrierung
- Einweisung Bedienpersonal

Grundsatz: Die Qualität der Bildaufnahme entscheidet über den Erfolg der Messung!

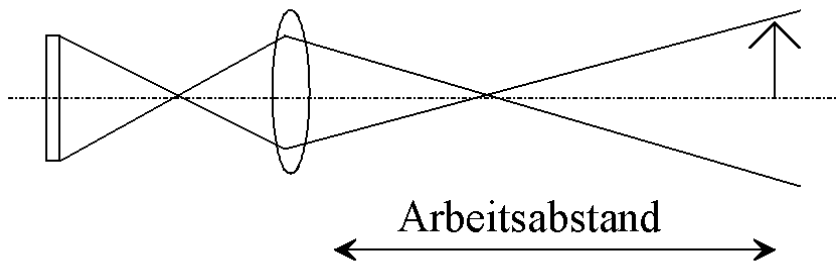
Fragen beim dimensionellen Messen

- **Optische Abbildung, Maßstab**
  - telezentrische oder endozentrische Abbildung
- **Auflösung**
  - Standardkamera, Megapixelkamera, Subpixel
- **Beleuchtung**
  - Durchlicht oder Auflicht, schmalbandiges Licht
- **Verkippung**
  - runde oder eckige Querschnitte
- **Randabschattung**
  - flache Bahnen oder dicke Teile
- **zusammengesetzte Messbereiche**
  - lange Teile
- **Tiefenschärfe**



Objektiv - Endozentrische Abbildung

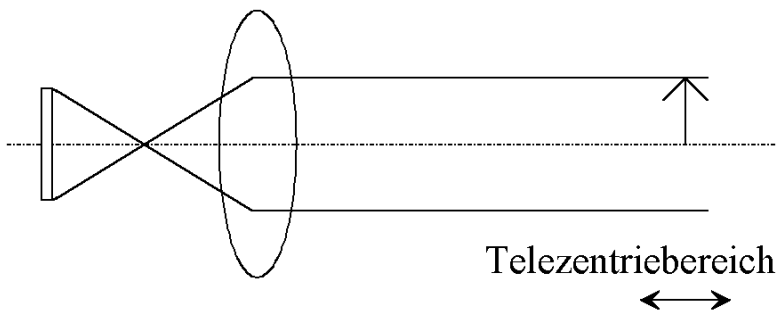
- **Optisches Prinzip: Standardabbildung, Messobjekt verändert mit der Entfernung zur Kamera seine Größe**
- **Probleme, Fallstricke**
  - Mit dem Abstand ändert sich der Skalierungsmaßstab des Messobjektes
  - Gegebenenfalls muss der Arbeitsabstand konstant gehalten werden
  - Einsatz zweier, sich gegenseitig korrigierender Systeme
  - Zyklische Überprüfung des Maßstabes, Nachkalibrieren der Messstelle
  - Helligkeitsabfall und Verzeichnung an den Rändern



Vorteil: Ein großes Sortiment an preiswerten Objektiven steht zur Verfügung !

Objektiv – Telezentrische Abbildung

- **Optisches Prinzip: Abbildung mit parallelem Strahlengang, Messobjekt behält bei Änderung der Entfernung zur Kamera seine Größe bei**
- **Probleme, Fallstricke**
  - Telezentriebereich umfasst ca. 10% des Messbereiches
  - In Zusammenspiel mit einer telezentrischen Beleuchtung führt die Verkippung der optischen Achse zur Verdunklung des Bildes
  - Voluminöse Objektive, Objektivöffnung muss so groß wie der Messbereich sein, geeignet nur für kleine Messobjekte (Messbereiche bis 50x50 mm)
  - kleiner Tiefenschärfebereich
  - Tiefenschärfe = ± 1/ Vergrößerung [mm]
  - höhenunabhängige Konturmessung
  - Vermessung von Merkmalen auf unterschiedlichen Höhen



Vorteil: Für exakte Messungen unbedingt erforderlich ! Sehr stabile Messungen mit hohen Genauigkeiten ! Fremdlichtunempfindlich durch kleinen Öffnungswinkel !

Auflösung

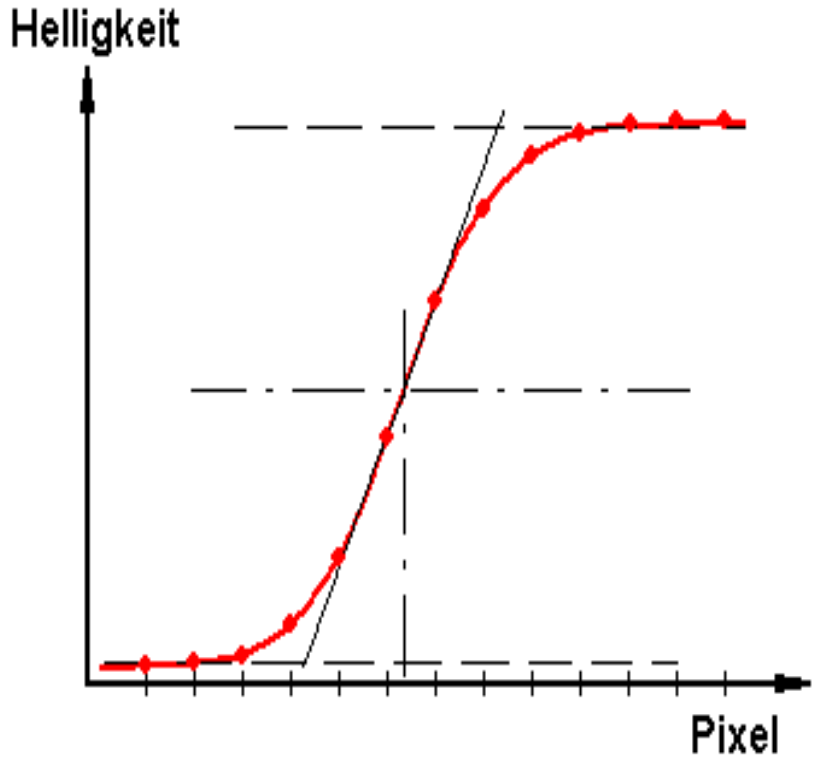
- **Standardauflösung**
  - 752 x 582 Bildpunkte
- **VGA-Auflösung**
  - 640 x 480 Bildpunkte
- **Megapixelauflösung**
  - 1280 x 1024 Bildpunkte
- **ATMEL Camelia 8M**
  - 3500 x 2300 Bildpunkte
  - sehr kostenintensiv
- **Jenoptik Microscanning**
  - Sensor 1300 x 1030 Bildpunkte
  - Sensorverschiebung 3900 x 3090
  - wissenschaftliche Anwendungen
- **Subpixel**
  - Schwellwertverfahren
  - Wendepunkt, Parabel
  - Filterung
  - Auflösungssteigerung bis Faktor 10

Berechnung der Auflösung: **Größe des benötigen Messbereiches / Anzahl der Bildpunkte**

- Festlegung des Messbereiches - Rand für Positionstoleranzen des Prüflings berücksichtigen !
- Auflösung ist nicht gleich Messgenauigkeit ! Messfehler der Anordnung beachten !
- Zu erkennende Objekte sollten mindestens auf 5 Bildpunkten abgebildet werden !

Subpixel

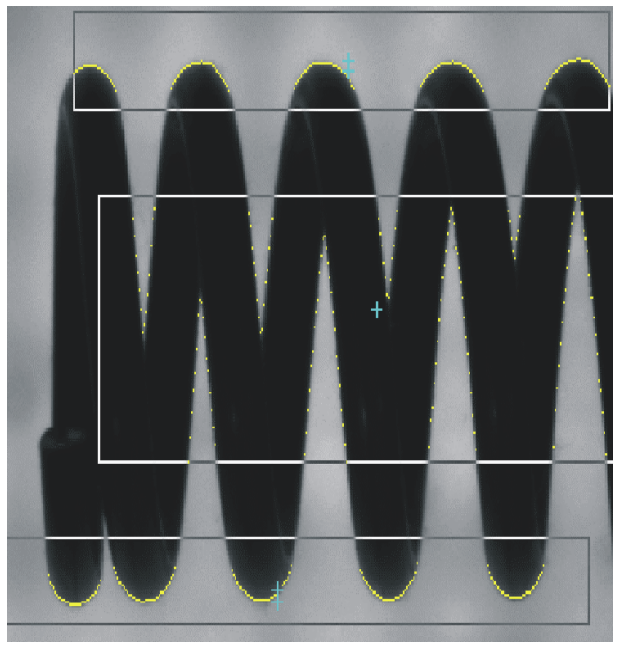
- *Mitte zwischen maximaler und minimaler Helligkeit*
- *Wendepunkt der Parabel bei Annahme eines symmetrischen Verlaufs der Hell-Dunkel-Flanke*
- *Tiefpassfilterung des Hell-Dunkel-Verlaufs, Schnittpunkt mit dem Originalverlauf*



Vorteil: Erhöhung der Auflösung bis Faktor 10 möglich !

Beleuchtung - Durchlicht

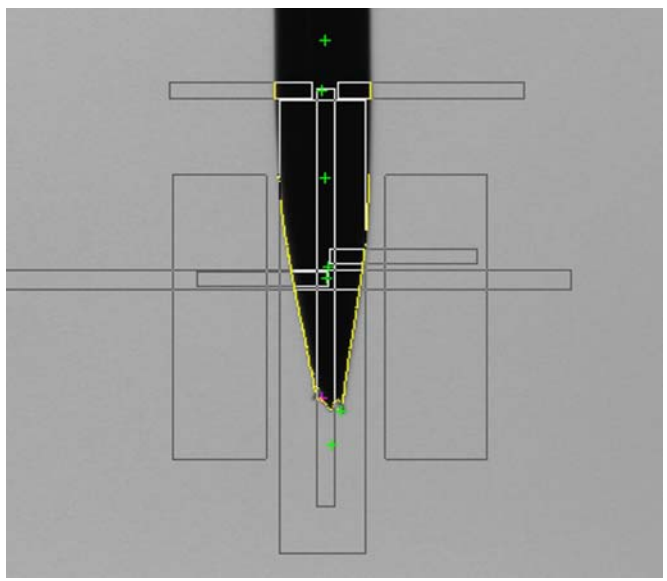
- **Prinzip: Abbildung des Schattenrisses des Messobjektes auf den Kamerasensor**
- **typische Aufgaben**
  - 2D-Vermessung
  - Zählen von Merkmalen
  - Konturüberprüfung
- **Lichtquellen**
  - Leuchtfelder, HQI-Kaltlicht, Leuchtstofflampe
  - LED-Beleuchtungen, auch IR
- **Probleme, Fallstricke**
  - Verkippung, Verdeckungen, Randabschattung

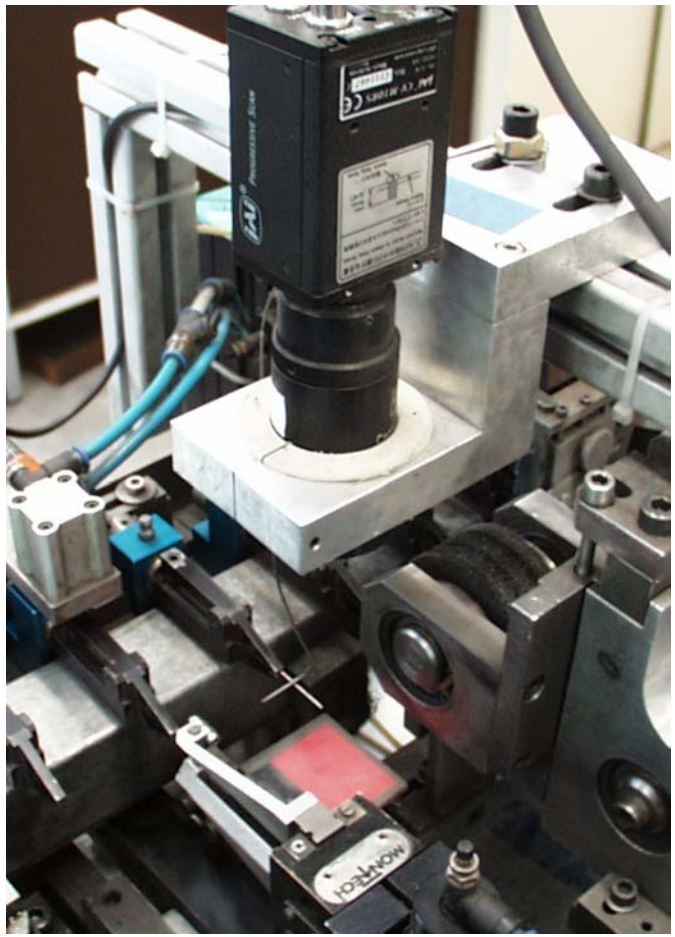


Vorteil: Exakte Abbildung der Konturkante, genaue Messung möglich !

Beispiel Durchlicht - Nadelprüfung
Prüfung der Nadelspitze auf exakten Anschliff

- *Telezentrisches Objektiv*
- *Messbereich 6,4 x 4,8 mm²*
- *digitale Auflösung 8 µm*
- *Durchlicht, LED rot*



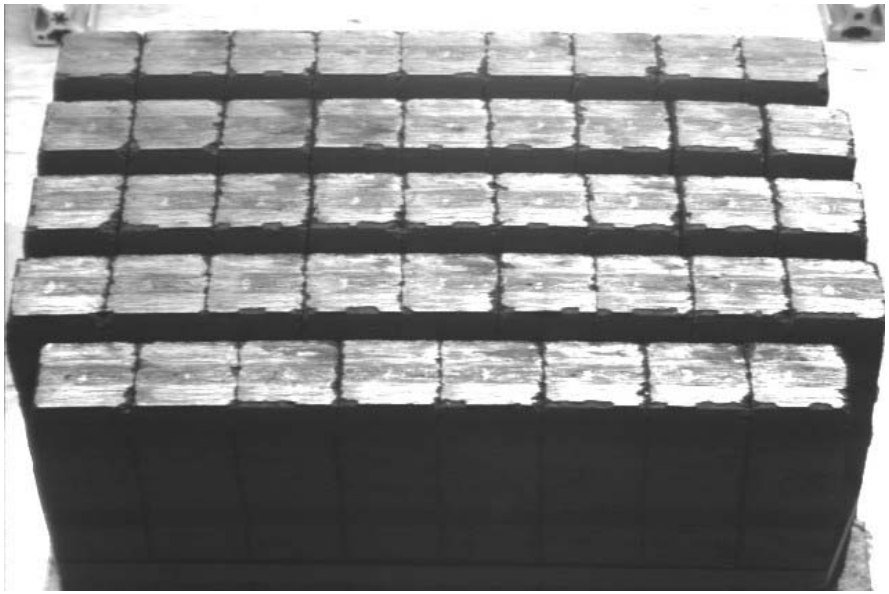


Beleuchtung - Auflicht

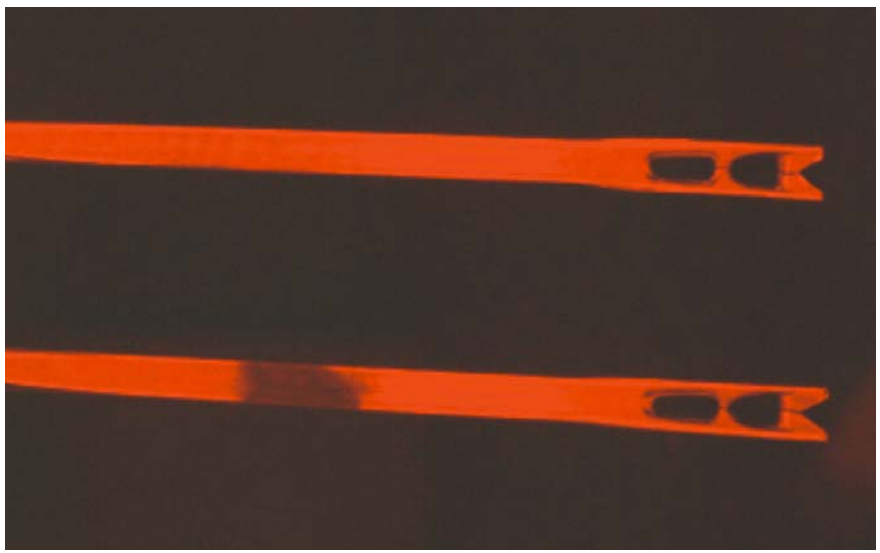
- **Prinzip: Nutzung von Kontrastdifferenzen des Messobjektes resultierend aus Farb- und Helligkeitsunterschieden oder Oberflächenstrukturen (Schattenwurf)**
- **gerichtete Beleuchtung: Ausnutzung von Schattenwurf und Reflexionen**
- **diffuse Beleuchtung: Eliminierung von Schattenwurf und Reflexionen**
- **typische Aufgaben neben dem 2-dimensionalen Messen**
  - Aufdrucke, Oberflächenfehler, Schrifterkennung, Barcode
- **Probleme, Fallstricke**
  - sich ändernde Oberflächeneigenschaften ändern die Abbildung und damit das Messergebnis
  - Kanten und Konturen werden entsprechend ihrer Beschaffenheit (Phasen, Radien) abgebildet, damit wird nicht der exakte Kantenort gefunden, bzw. die Abbildung des Kantenortes ändert sich

Vorteil: Abbildung entspricht dem visuellen Eindruck ! Einfacher Aufbau !

Beispiele - Auflicht

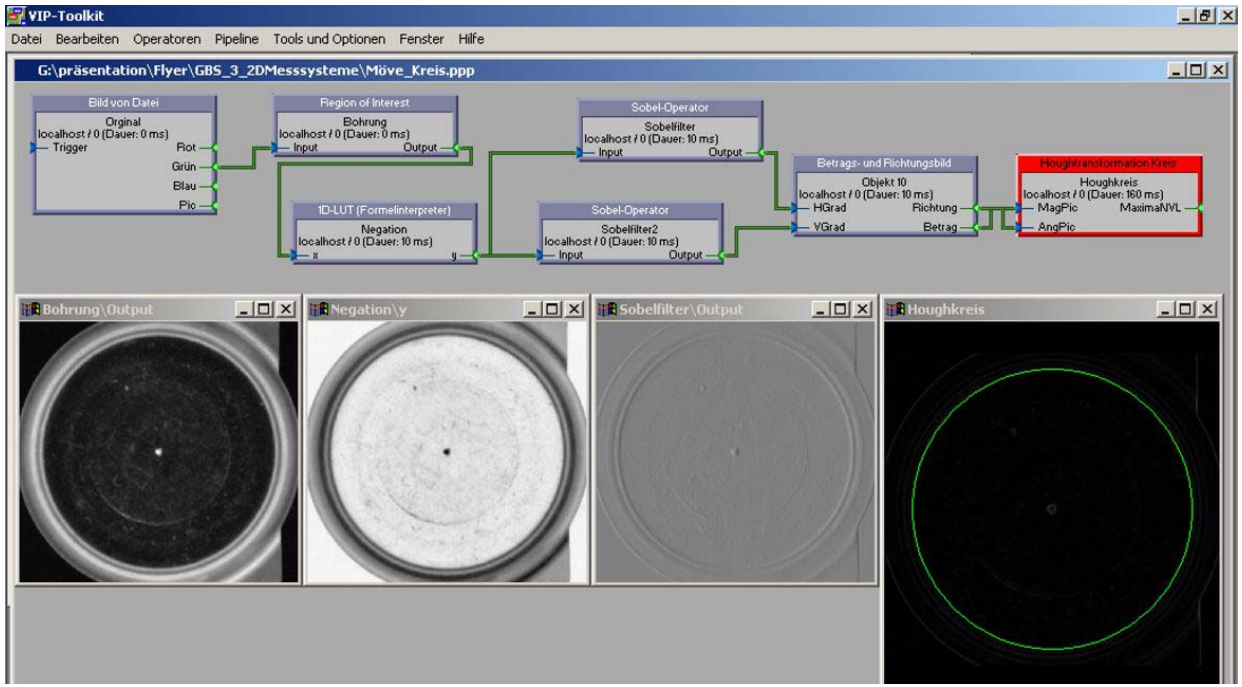


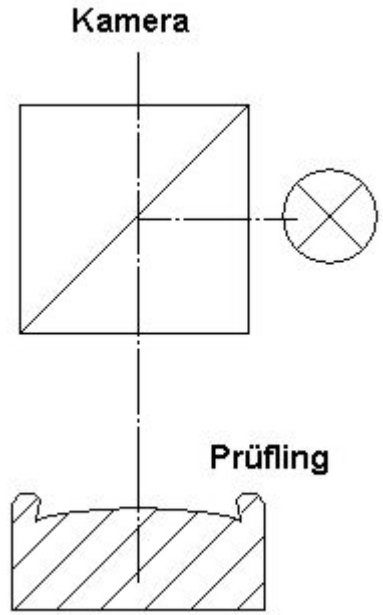
- Gerichtete Beleuchtung



- Diffuse Beleuchtung

Beispiel Auflicht - Druckdose
Überprüfen der kreisförmigen Verstemmung der Membran

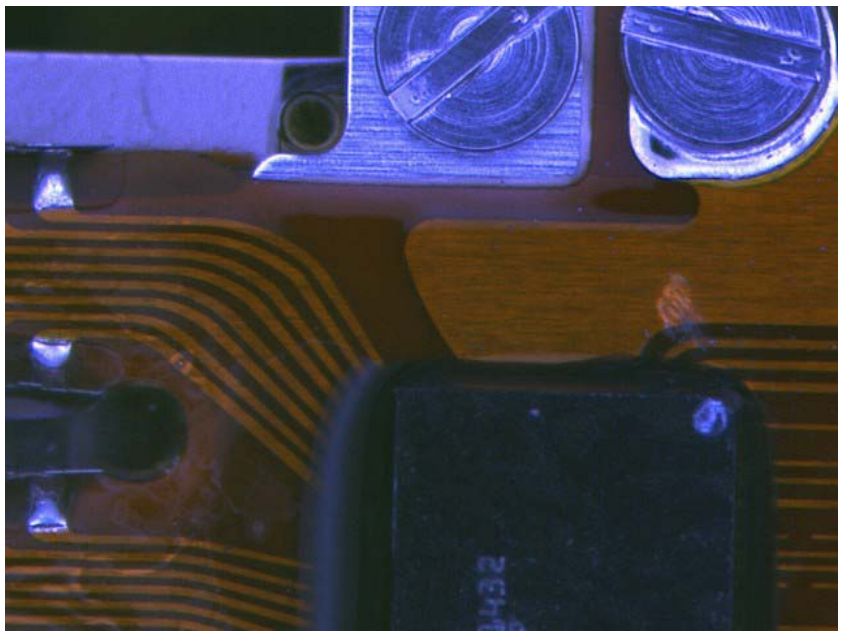


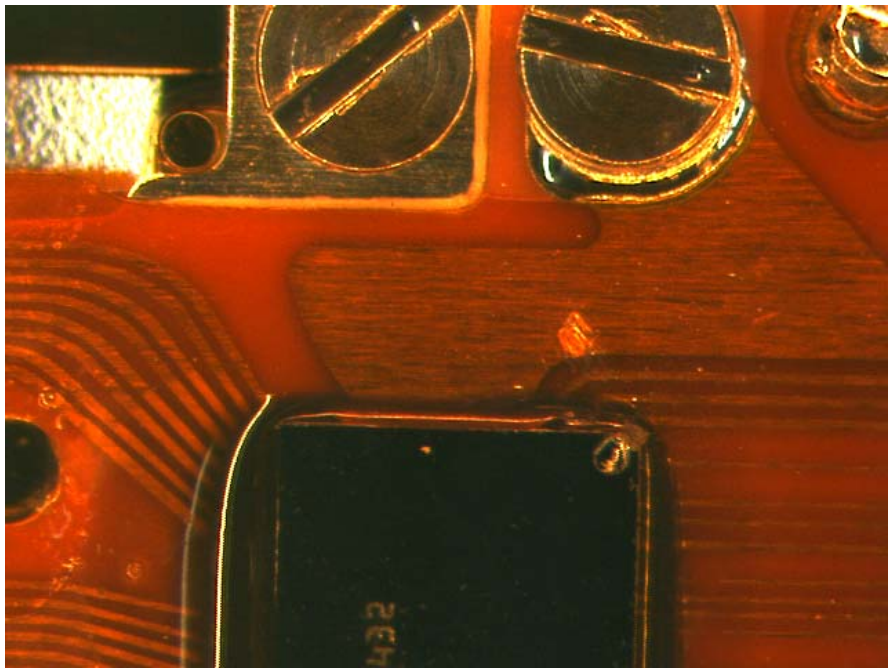


- *Telezentrisches Objektiv*
- *koaxiales Auflicht, LED rot*
- *1,3 Sigmatest der gefundenen Kreiskoordinaten*
- *Messbereich 49 x 37 mm²*
- *Auflösung 0,075 mm*

Schmalbandige Beleuchtung

- Weißes Licht



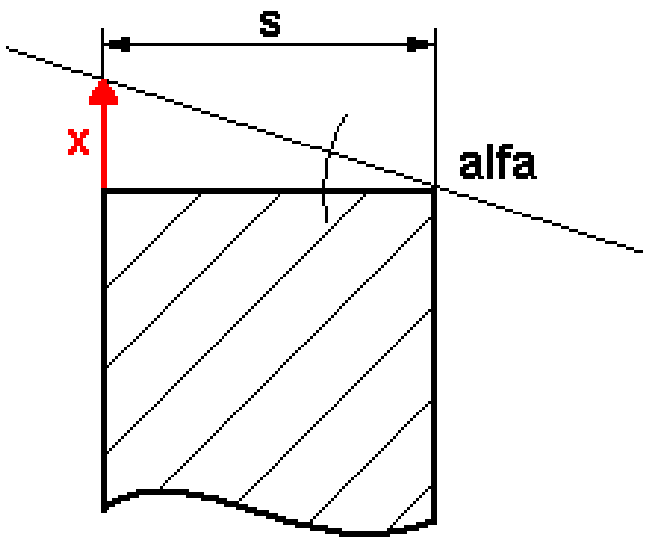


- Blaues Licht

Beispiel schmalbandiges Licht - Thermometer Heißglasbearbeitung von Kapillarrohren

- *Telezentrisches Objektiv*
- *Messbereich 32 x 24 mm²*
- *Megapixelkamera 1280 x 1024 Pixel*
- *Auflösung 25 µm*
- *Sperrfilter*
  B-42 dark blue, 430 nm
- *Durchlichtbeleuchtung*
- *LED, blau*

Randabschattung



Durchlicht

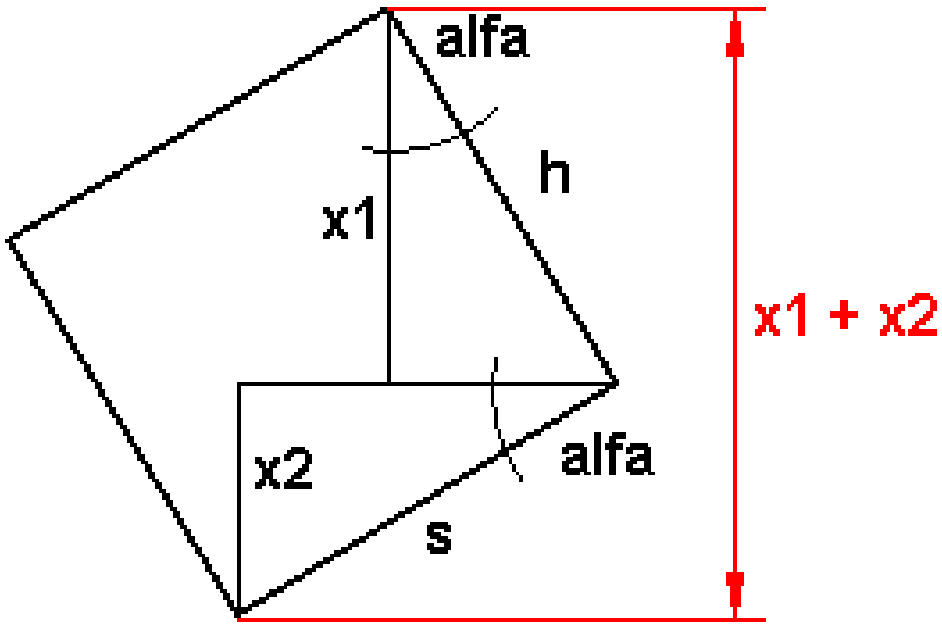
s = Materialstärke
alfa = Öffnungswinkel Objektiv
x = Randabschattung

x = s * tan(alfa)

s = 12 mm
gute telezentrische Objektive:
Abweichung der Hauptstrahlen von der Horizontalen
kleiner als 1 mrad = 0,0573° (1 rad = 57,3°)
alfa = 0,05°

x = 0,0104 mm

Verkippung



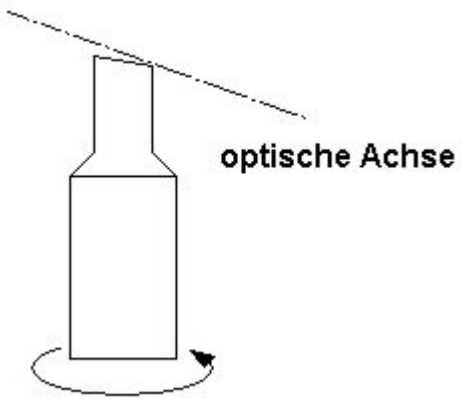
s = Materialdicke
h = zu messende Höhe
x1 = s * sin(alfa)
x2 = h * cos(alfa)

s = 2 mm
h = 20 mm
alfa = 1°

x1 + x2 = 20,032 mm

Beispiel verdeckte Kanten - Düsenrohlinge
Messen der verfügbaren Höhe der gepressten Rohlinge

- *Telezentrisches Objektiv*
- *Messbereich 8 x 6 mm²*
- *Auflösung 10 µm*
- *telezentrische Beleuchtung*
- *Durchlicht, LED IR*
- *Prüfling wird gedreht*



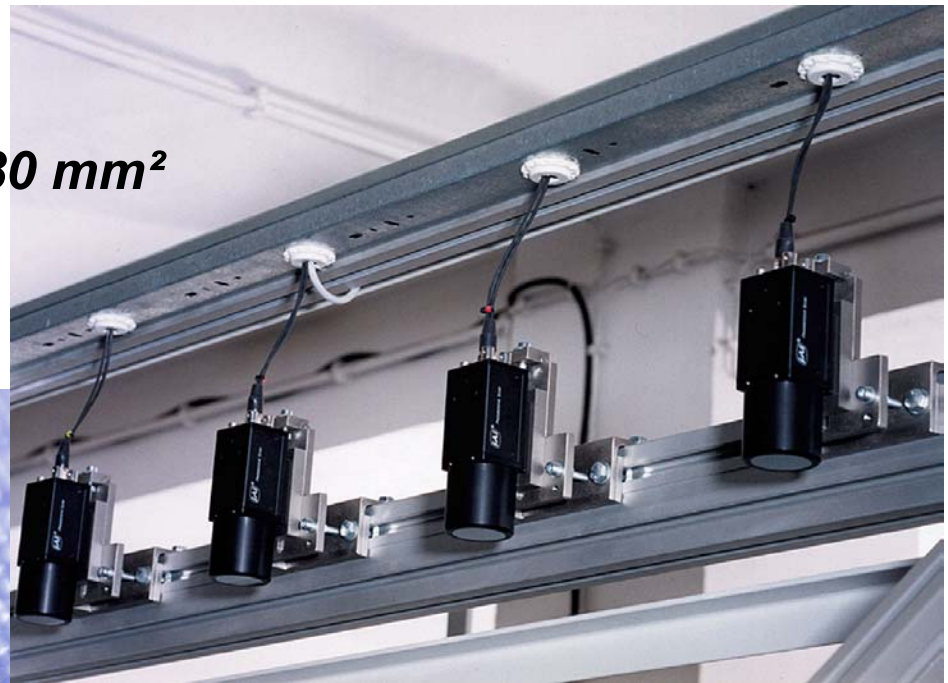
Beispiel Tiefenschärfe - Thermometer
Querschnittsbestimmung von Kapillarrohren

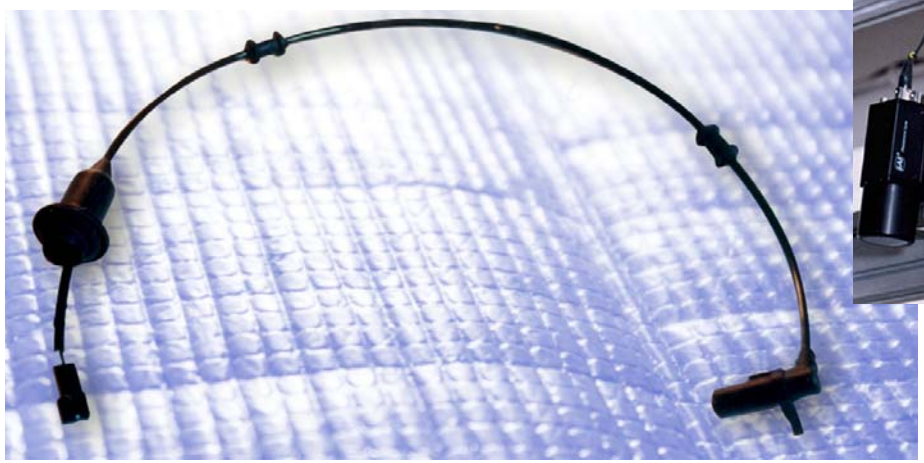
- *Dunkelfeld Ringlicht, LED rot*
- *motorische Scharfstellung*
- *Tiefenschärfe ± 0,1 mm*

- *Telezentrisches Objektiv*
- *Messbereich 0,7 x 0,5 mm²*
- *Auflösung 1 µm*

Beispiel zusammengesetzte Messbereiche - Kfz-Kabel
Prüfung der Bestückung und Maßhaltigkeit

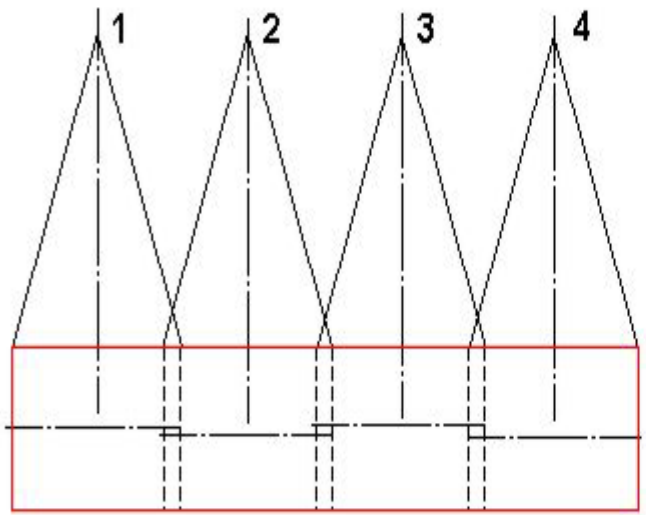
- *4 Kameras*
- *Endozentrische Objektive*
- *Messbereich gesamt 1500 x 280 mm²*
- *Auflösung 0,5 mm*
- *Durchlicht, LED IR*





Beispiel zusammengesetzte Messbereiche - Kfz-Kabel
Prüfung der Bestückung und Maßhaltigkeit

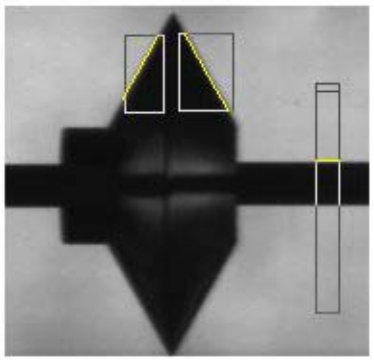
- **Einrichten: mechanisch / rechnerisch**

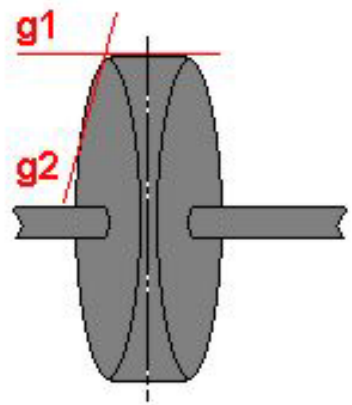


Anpassung der Messbereiche

mechanisch:
- Verdrehung
-Abbildungsmassstab

rechnerisch:
- Mittelinie
- Überlappung



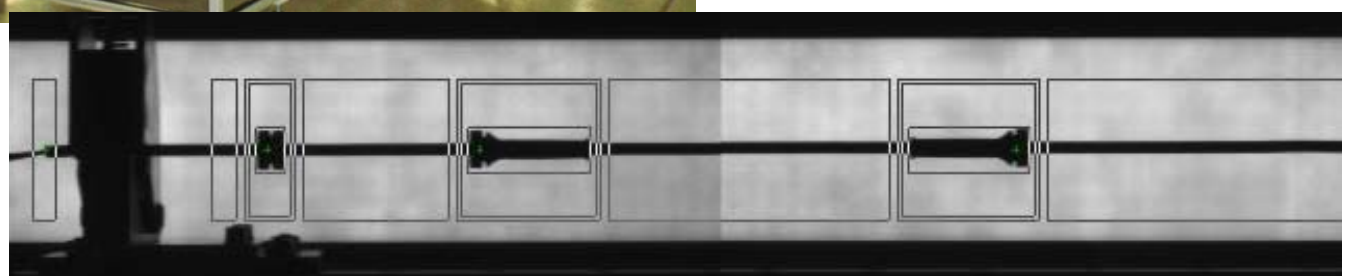


Messbereichsrand

Beispiel zusammengesetzte Messbereiche - Kfz-Kabel Prüfung der Bestückung und Maßhaltigkeit

- *Tolerant gegen Schwingen*
- *Lagekorrektur vom Kabelanfang aus*
- *Suchfenster für Tüllen*

- *Monitorbild*



DVT Smartsensoren der Legend-Serie

- *Stand-alone Bilderfassungs- und Verarbeitungssystem*
- *wirtschaftliches Realisieren von BV-Lösungen im Bereich dimensionelles Messen und Prüfen*
- *Low-Cost-CMOS und Standard-CCD*
- *High-Speed- und Megapixelausstattung*
- *Farbsensor*
- *Messen geometrischer Größen*
- *Vergleichen von Konturen*
- *Finden von Objekten*
- *Bestimmen von Teilepositionen*
- *Zählen von Flanken oder Objekten*
- *Bar- oder Data Matrix Code lesen*
- *OCR Schrifterkennung*

DVT Smartsensoren der Legend-Serie

- ***Ausstattung und Leistungsparameter der DVT-Sensorfamilie***

Legend 500 Serie	Legend 520	Legend 530	Legend 540	Legend 542 C	Legend 544	Legend 544C
Hauptfeature	low cost	Standard	High Speed Auswertung	High Speed Farbsensor	Hochauflösend	Hochauflösend Farbsensor
Sensortechnik	CMOS	CCD	CCD	CCD	CCD	CCD
Pixelanzahl	640 x 480	640 x 480	640 x 480	640 x 480	1280 x 1024	1280 x 1024
Sensorgröße	5 x 3.7 mm² 1/3"-Format	4.8 x 3.6 mm² 1/3"-Format	4.8 x 3.6 mm² 1/3"-Format	3.6 x 2.7 mm² 1/4"-Format	6 x 4.8 mm² 1/2"-Format	6 x 4.8 mm² 1/2"-Format
Pixelgröße	7.8 x 7.8 µm²	7.4 x 7.4 µm²	7.4 x 7.4 µm²	5.6 x 5.6 µm²	4.65 x 4.65 µm²	4.65 x 4.65µm²
Messrate	75 fps	75 fps	75 fps	30 fps	10 fps	10 fps
Rechenleistung	60 MIPS	60 MIPS	360 MIPS	360 MIPS	360 MIPS	360 MIPS
Flash-Speicher	4 MB	4 MB	8 MB	8 MB	16 MB	16 MB
DRAM-Speicher	16 MB	16 MB	32 MB	32 MB	64 MB	64 MB

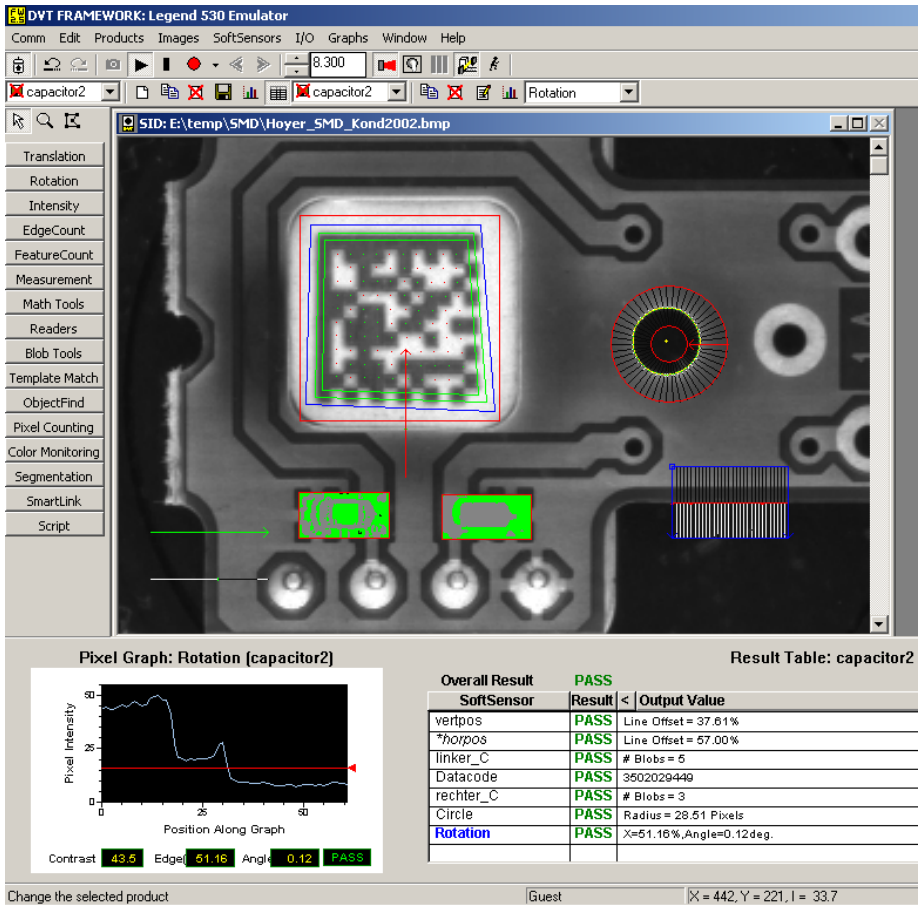
DVT Smartsensoren der Legend-Serie

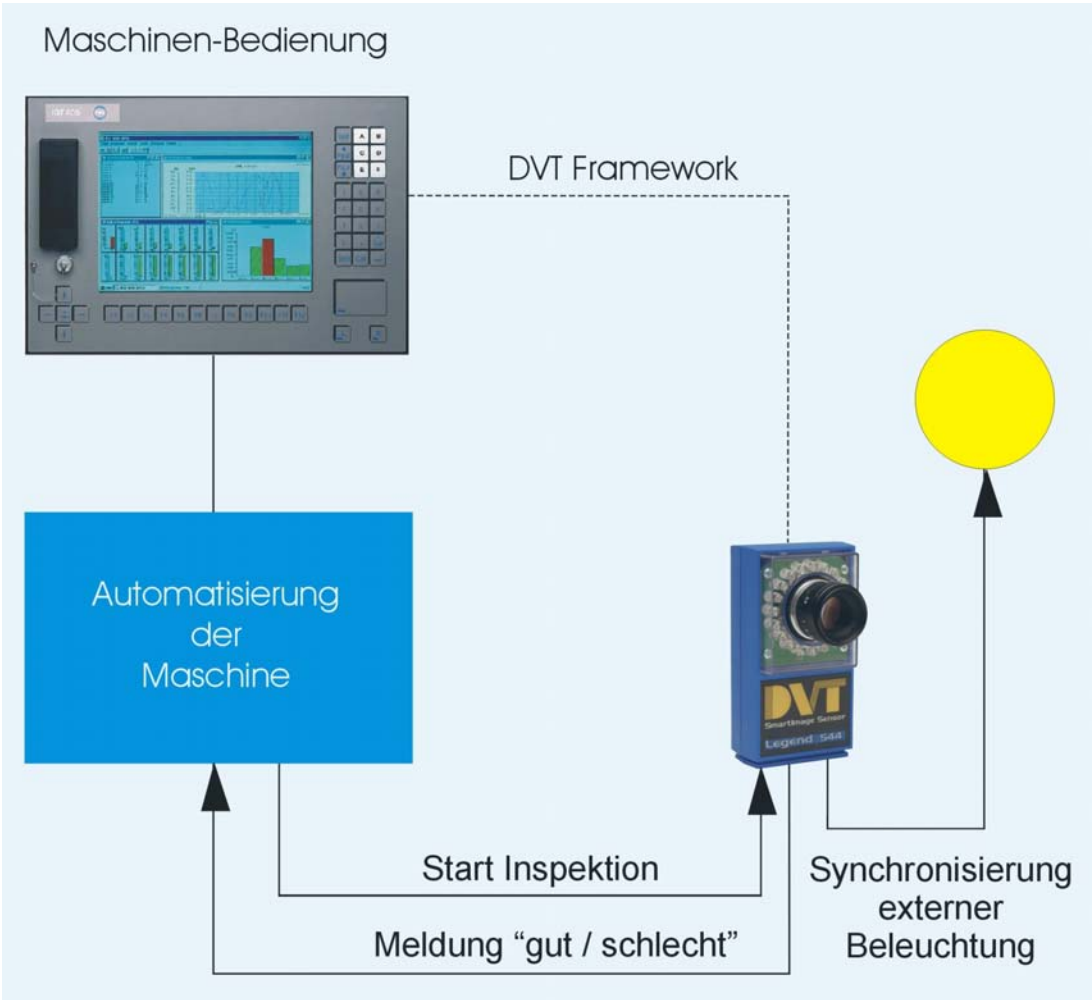
- ***Allgemeine Parameter und Optionen der DVT-Sensorfamilie***

Legend 500 Serie	Legend 520	Legend 530	Legend 540	Legend 542 C	Legend 544	Legend 544C
Belichtungszeit	10 µs... 1 s					
Spannungsversorgung	24 VDC geregelt, 210 mA, 5 W ohne integrierte Beleuchtung, 10 W mit integrierter Beleuchtung					
Dig. I/O-Kanäle	8, frei als Ein- oder Ausgänge konfigurierbar					
Dig. Signale	24 VDC, Eingänge NPN-Stromsenke (max. 1.5mA), Ausgänge PNP-Stromquelle (max. 50mA), high-aktiv					
Netzwerk	Integrierte Ethernet-Schnittstelle					
LAN-Anschluss	RJ45, 10/100 Mbit/s					
Beleuchtung	optional integrierte Ringbeleuchtung rot oder weiß					
ext. Beleuchtung	Triggerung mittels digitalem Ausgang					
Gehäuse	Kunststoff, 112 x 60 x 34 mm³ (H x B x T) , ohne Objektiv, 50 mm für Kabelanschluss reservieren					
Montage	4x M4x7.9 mm Gewindebohrungen an Geräterückseite					
Objektivadapter	CS-Mount serienmäßig, C-Mount mittels Zusatzadapter					
Gewicht	170 g ohne Objektiv					
Temperaturbereich	0...45°C, typisch 20°C					

DVT Smartsensoren der Legend-Serie

- *Installationssoftware „FrameWork“*
- *Bildeinzug auf den PC*
- *Gestaltung und Parametrieren der Prüfpläne am PC*
- *Testen der Prüfpläne auf dem Smartsensor*
- *Darstellung der Mess- und Prüfergebnisse am PC*
- *zum Betrieb des Sensors ist der PC nicht erforderlich*
- *digitale Schnittstellen zum Signalisieren der Ergebnisse an den Fertigungsprozess*



DVT Smartsensoren der Legend-Serie

- **Autarker Betrieb des Sensors**
- **Ethernet zum PC**
- **Digitaler Ausgang zur externen Beleuchtung**
- **Digitale Schnittstelle zur Maschine**