

Bildverarbeitung in der Automobilindustrie

Qualitätsbeurteilung von Data Matrix Codes in der Praxis

Dr.-Ing. Hermann Tropf



Vision Tools Bildanalyse Systeme GmbH

Inhaltsverzeichnis

- Kurzportrait Fa. Vision Tools
 - Projektbeispiele allgemein
- Data Matrix Code (DMC), Projektbeispiele
- Qualitätsbewertung
 - Geometriemerkmale
 - Optische Darstellung
- Problematik der Qualitätsbewertung;
Lösungsansätze
- Fazit



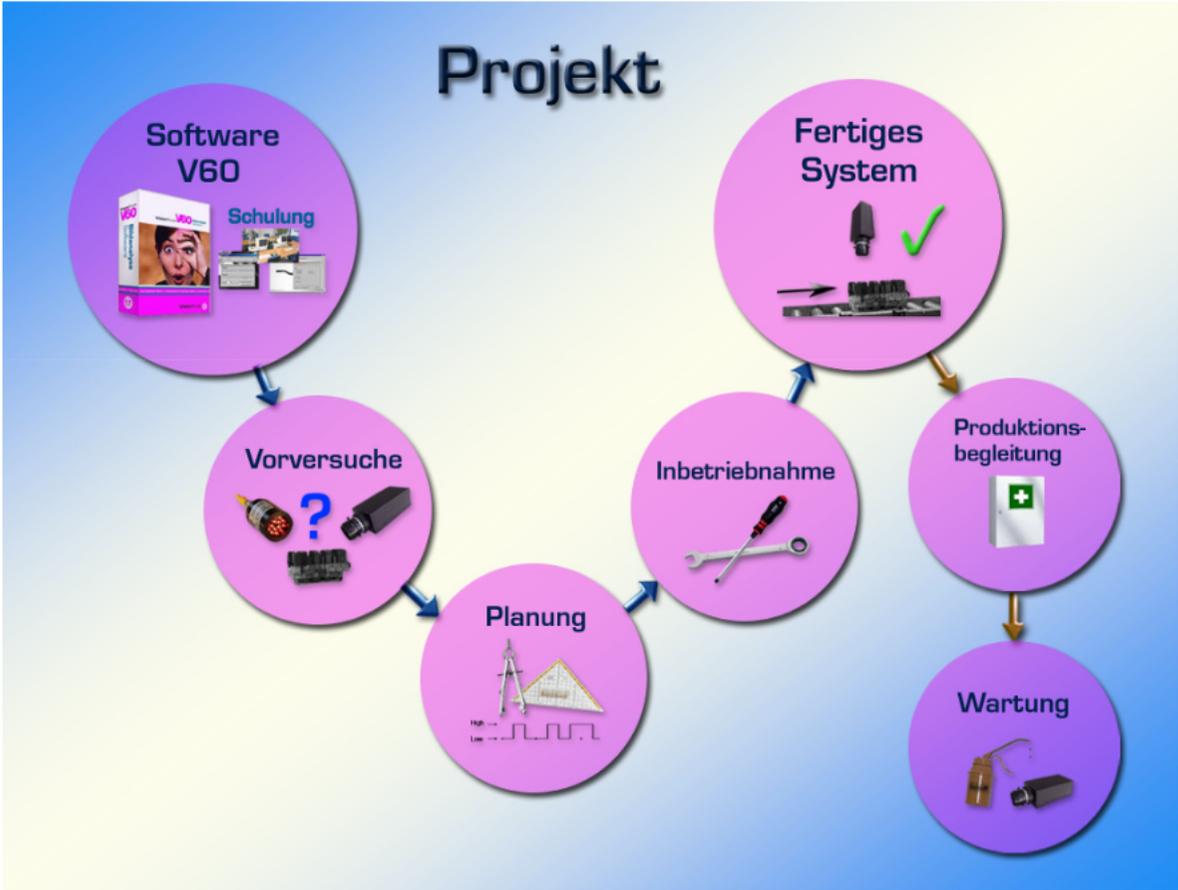
Vision Tools GmbH

Unser Beitrag

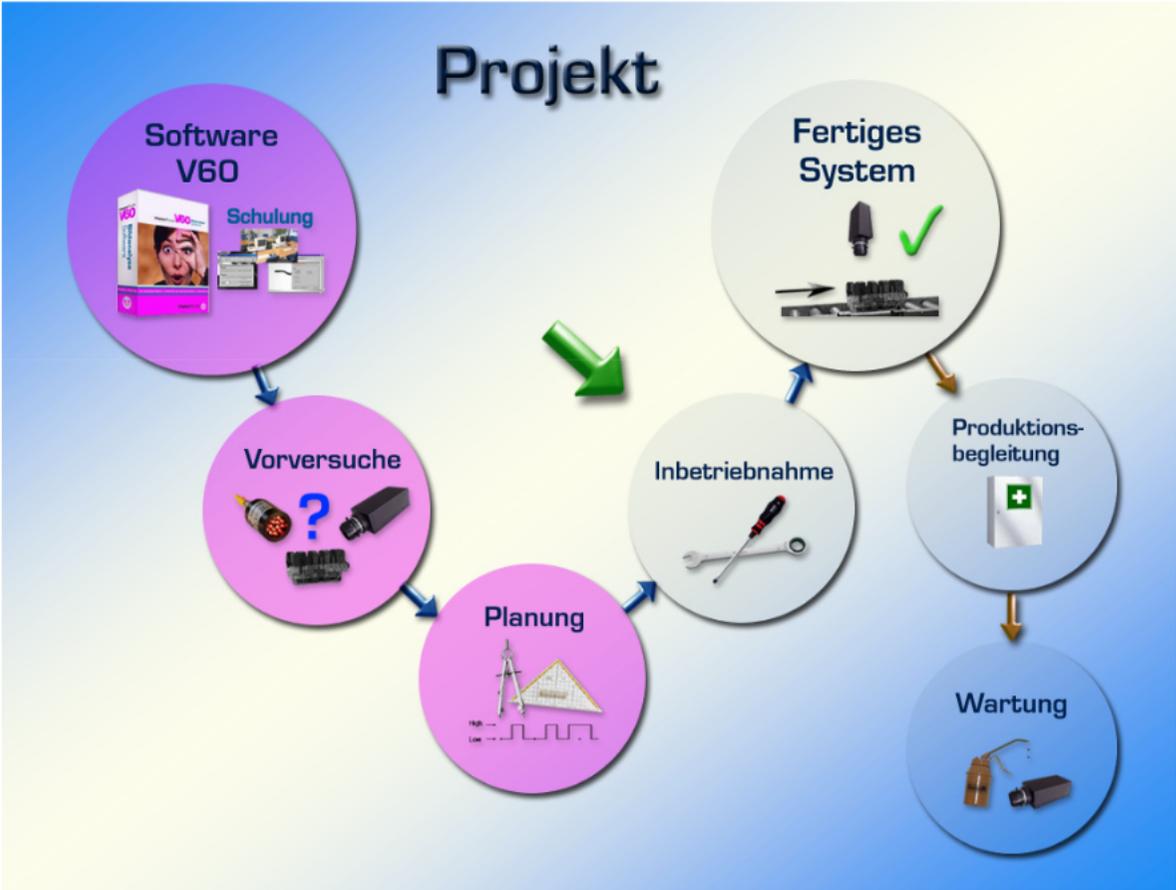
- Intelligente Kameras
 - Hardware und Betriebssystem:
Vision Compomponents
 - Software: **Vision Tools**
- Standardsoftware **Vision Tools V60** für PC
- Projekte



Vision Tools GmbH



Vision Tools GmbH



Vision Tools GmbH

Hauptkunden:

- Automobilindustrie und Zulieferer
- Elektrogeräteindustrie
-
-



Produkte



Slycam I

(Vision Components VC 11)



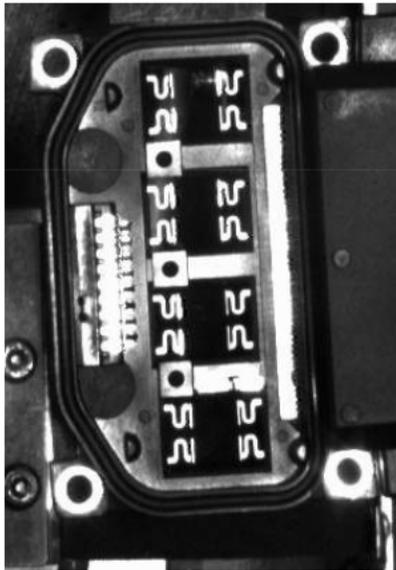
Slycam II

(Vision Components VC 2065)

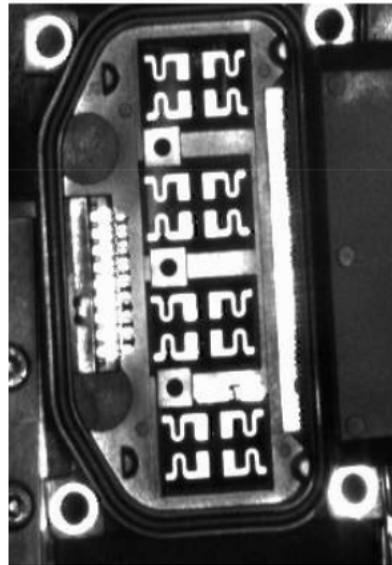


Aus der Slycam-Pionierzeit

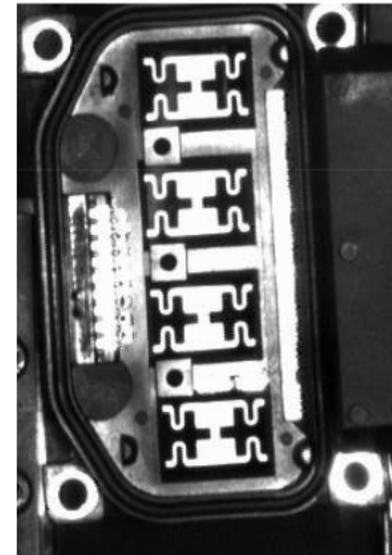
Konturprüfung von Kontakten



Gebogen



Getrennt



Ungetrennt



Produkte



- **Vision Slybox:**
PC mit Touch Panel 15" und
2 Slots (IP 54, IP65, IP67)
- bis zu 4 Kameras
anschließbar (auf 8
erweiterbar)

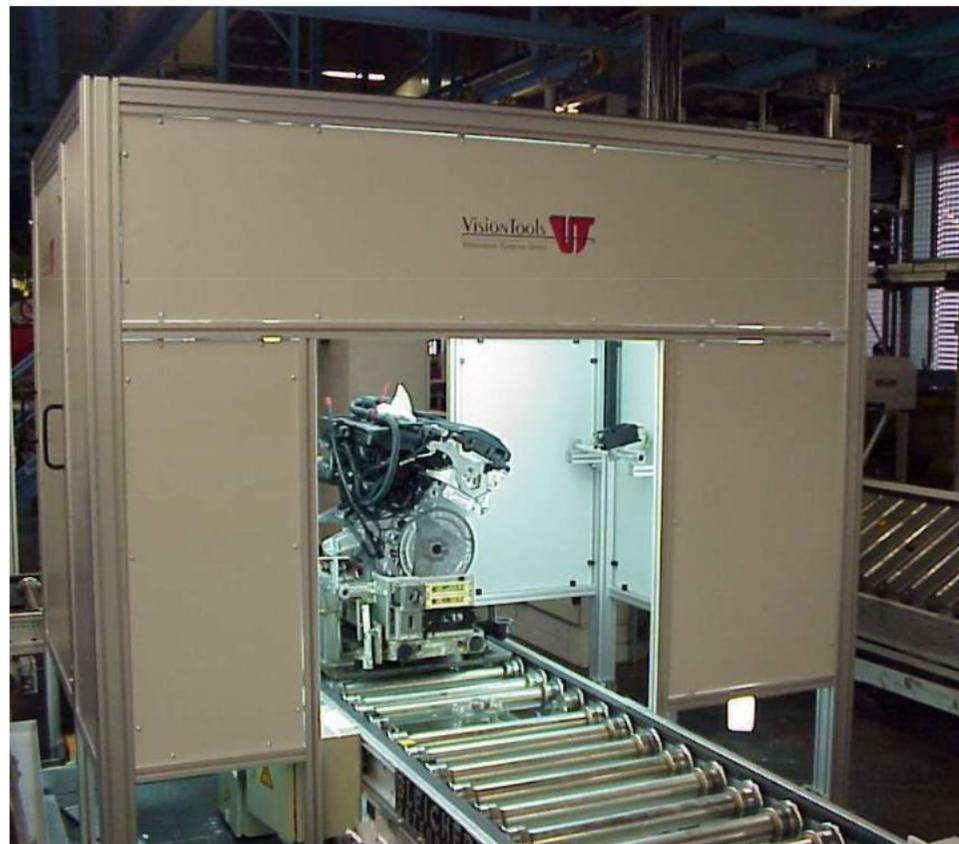


Bis 24 Kameras anschließbar
(bis 3 x 4/8-fach Videomux)



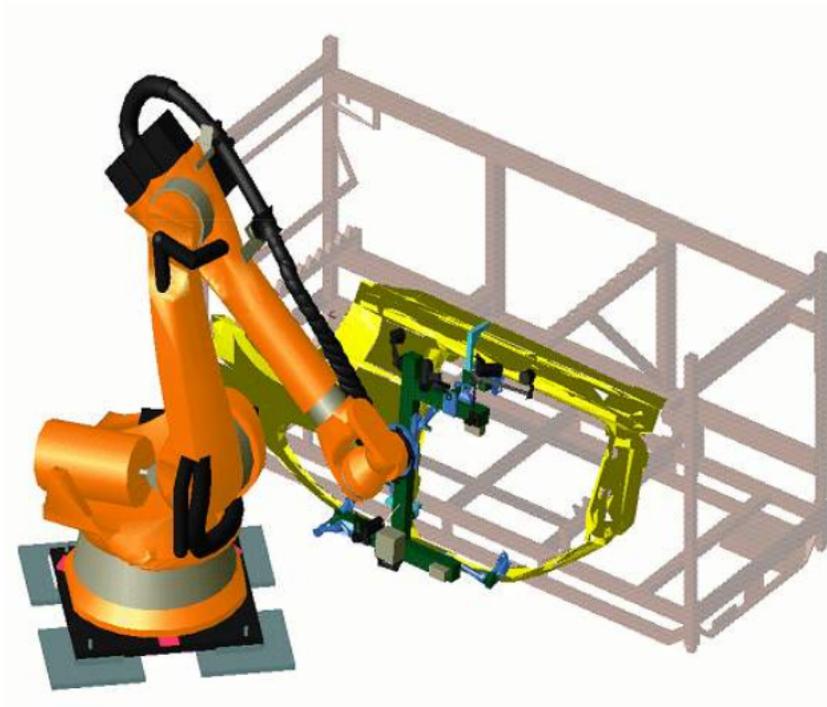
Beispielprojekt

Motorenendkontrolle



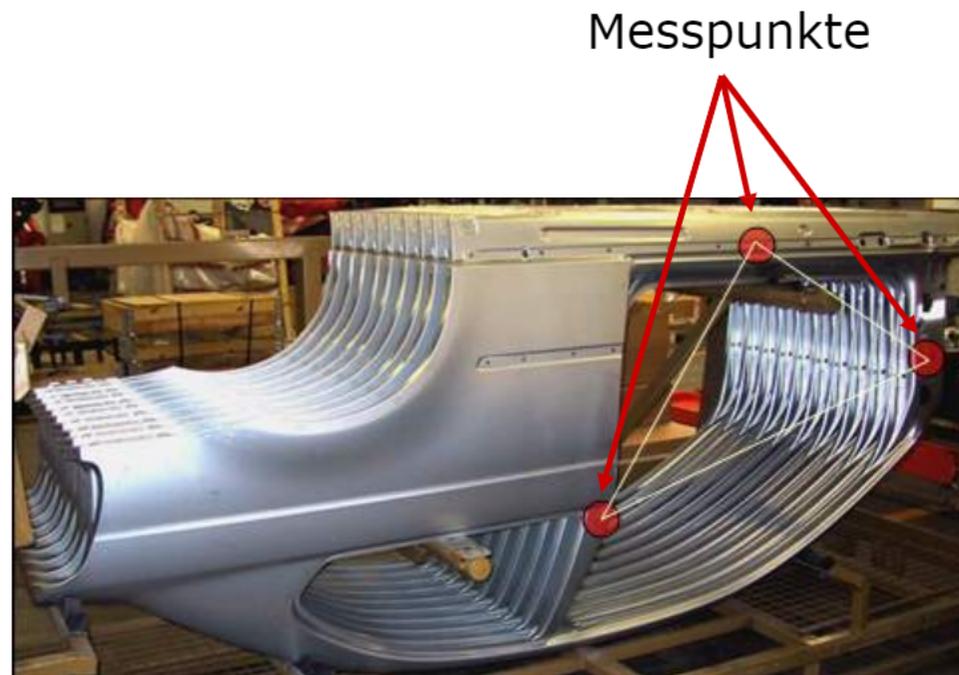
Beispielprojekt

- 3D Anwendung - Teileentnahme



Beispielprojekt

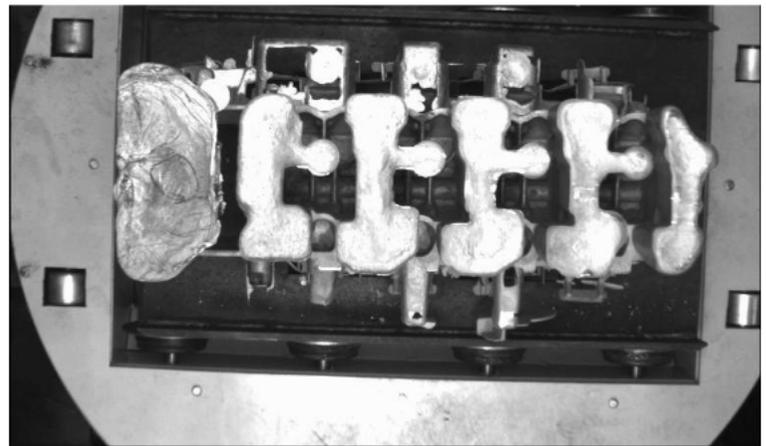
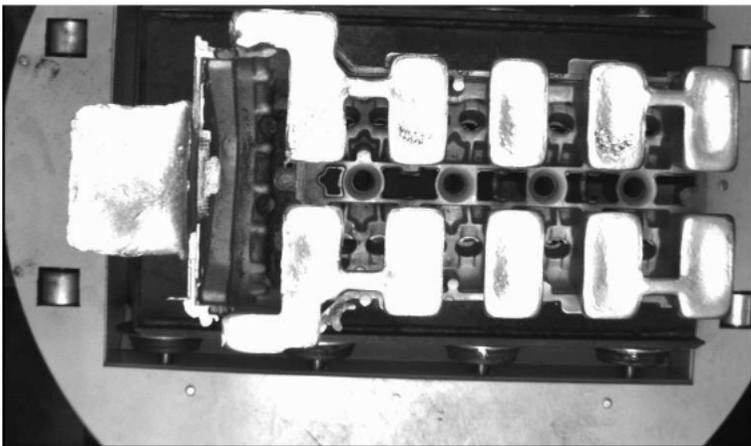
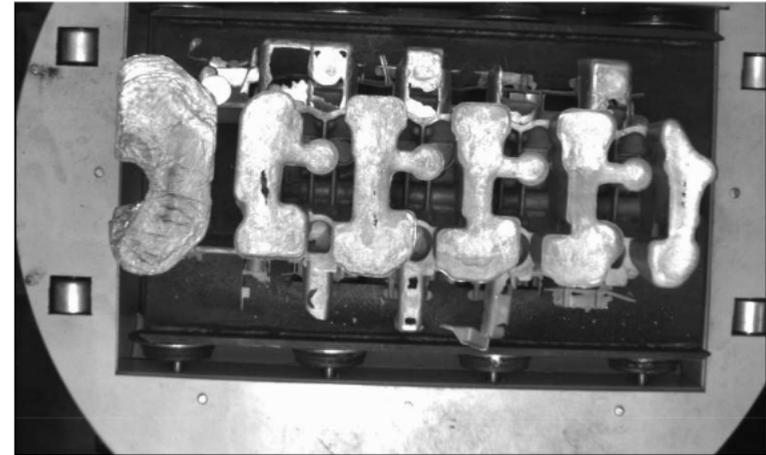
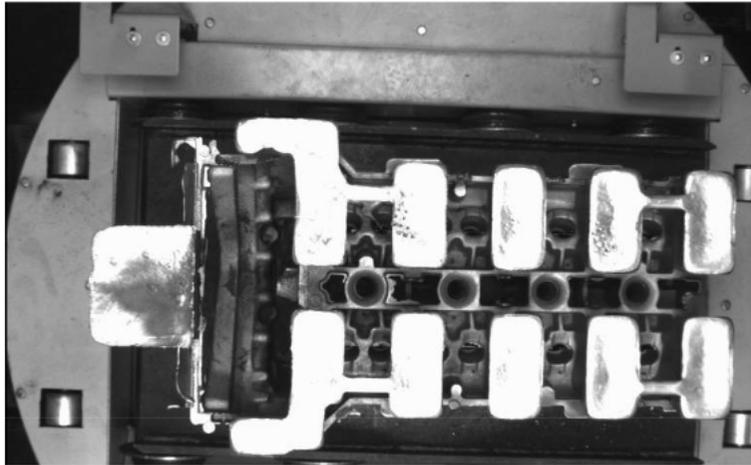
3D Anwendung - Teileentnahme



Beispielprojekt: Versiegelungsnaht (Laser-Lichtschnitt)



Beispielprojekt: Lokalisierung von Guß-Rohlingen

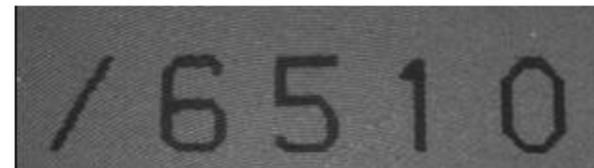
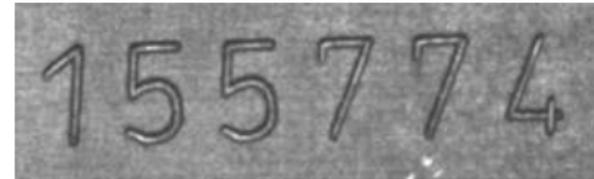


Beispielprojekt: Entladen von Zylinderköpfen, Lesen eines Sondercodes (ECCI)



Beispielprojekte

- Klarschrifterkennung
 - Nadelprägung
 - Tintenstrahldruck
 - Laserbeschriftung
 - Geritzte Zeichen
 - Schlagzahlen



Beispielprojekte

Schriftzeichen

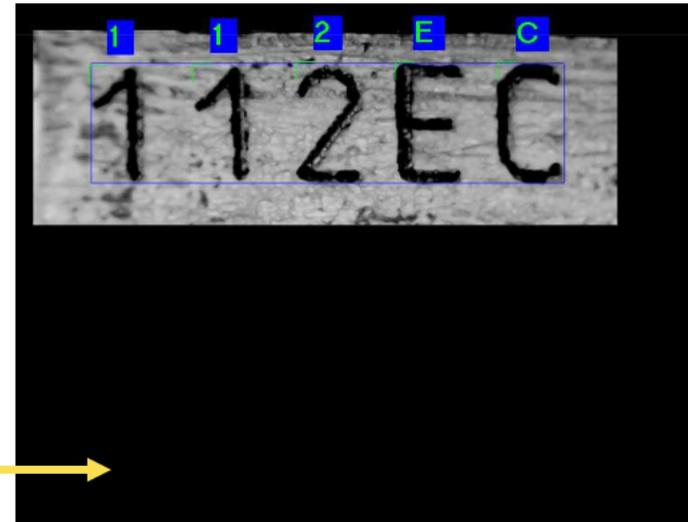
Verifizieren

Oberfläche Alu-Guß natur

Hier: Motorrad Kurbelgehäuse



Senkrecht genadelte Schriftzeichen



Nach Bearbeitung und Auswertung

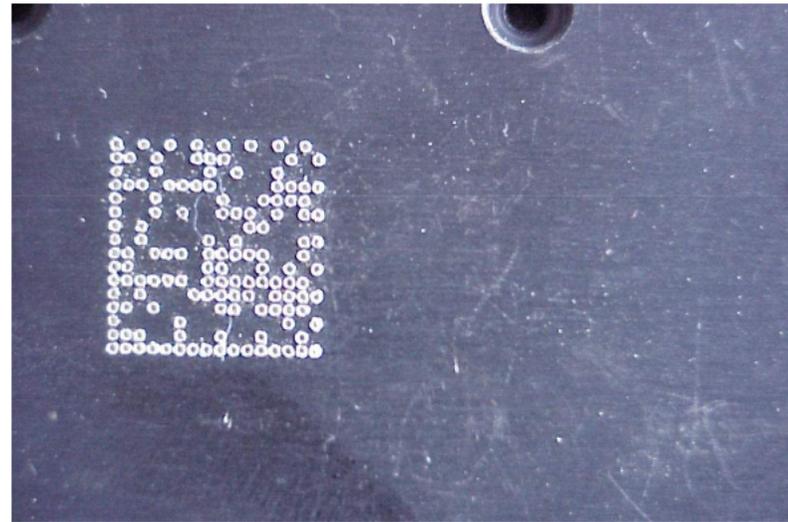
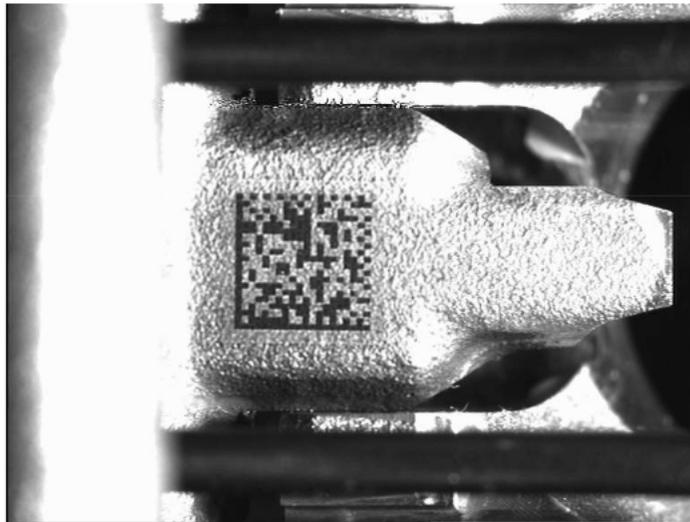


Beispielprojekte



Data Matrix Codes (DMC)

Hier: „ECC 200“



DMC - Eigenschaften

Hohe Informationsdichte

- Beispiel: 16x16 Matrix für 24stellige Ziffernfolge
- reale Größen 1x1 .. 100x100 mm

Speicherkapazität bis ca. 3000 Ziffern (144x144)

Fehlerkorrektur aufgrund Redundanz

Flexibel einsetzbar



Informationsdichte

Data Matrix ECC200, Quadratische Formate			
Zeile x Spalte	Zahlen	Zeichen	Byte
10 x 10	6	3	1
12 x 12	10	6	3
14 x 14	16	10	6
16 x 16	24	16	10
18 x 18	36	25	16
20 x 20	44	31	20
22 x 22	60	43	28
24 x 24	72	52	34
26 x 26	88	64	42
32 x 32	124	91	60
36 x 36	172	127	84
40 x 40	228	169	112
44 x 44	288	214	142
48 x 48	348	259	172

•
•

Data Matrix ECC200, Rechteckige Formate			
Zeile x Spalte	Zahlen	Zeichen	Byte
8 x 18	10	6	3
8 x 32	20	13	8
12 x 26	32	22	14
12 x 36	44	31	20
16 x 36	64	46	30

•
•

24 quadratische,
6 rechteckige Formen



Fehlerkorrektur

Format	Korrigierbare Codewörter	Max. Anzahl gestörter Zellen (Empfehlung VT für Verifikation)
10 x 10	2	1
12 x 12	3	1
14 x 14	5	2
16 x 16	6	2
18 x 18	7	3
20 x 20	9	3
22 x 22	10	3
24 x 24	12	4
26 x 26	14	4
.....

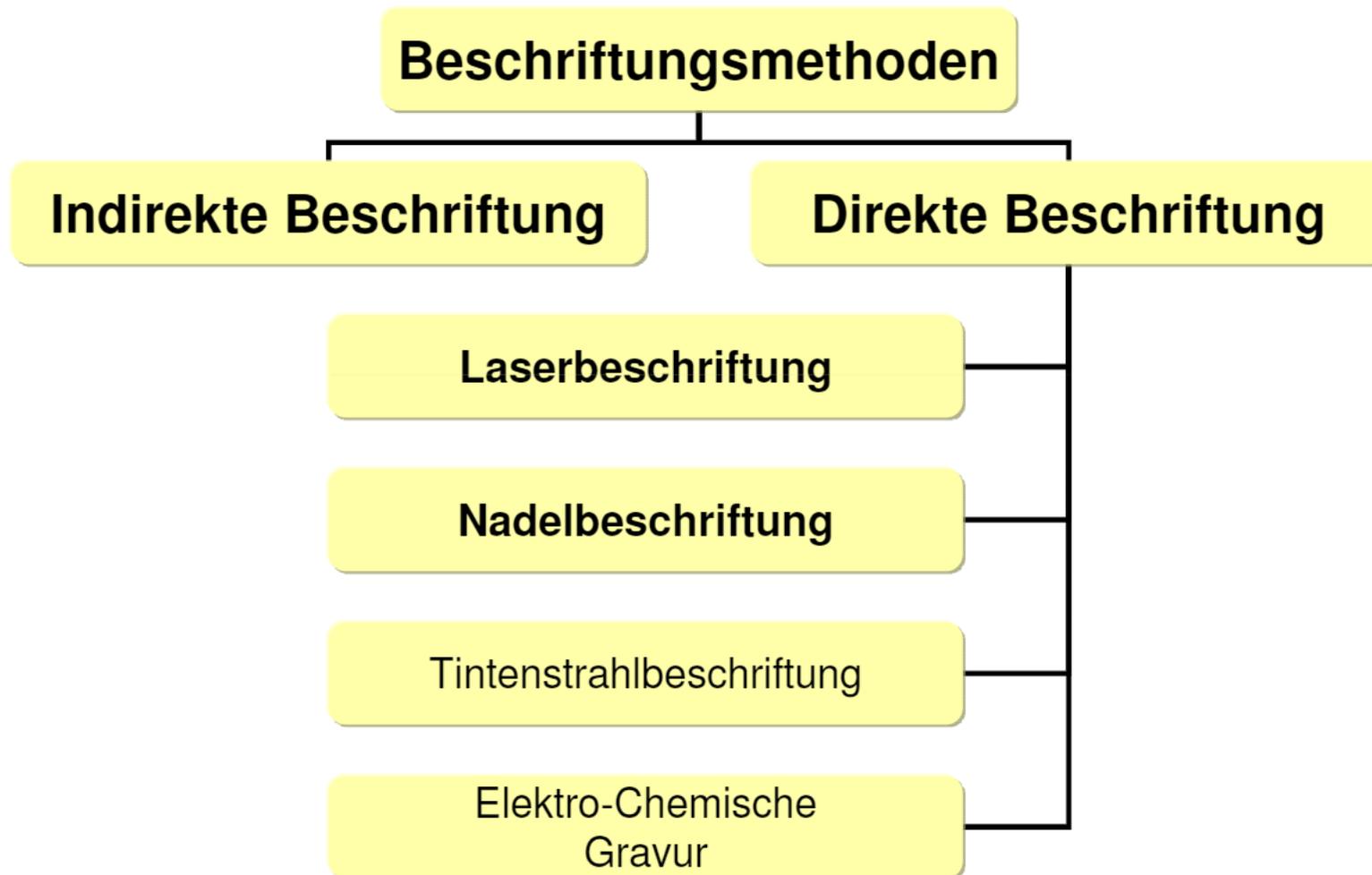


DMC - Einsatzgebiete

- Typkontrolle in Bearbeitungs- oder Montagestationen
- Rückverfolgung von Teilen, individuell oder chargenweise
- Flugzeugteile: dauerhafte Markierung über Lebenszeitraum der Teile
- Fälschungssicherung (Produkthaftung, Produktpiraterie...)



Markierungsmethoden



Auswahl der Beschriftungsart

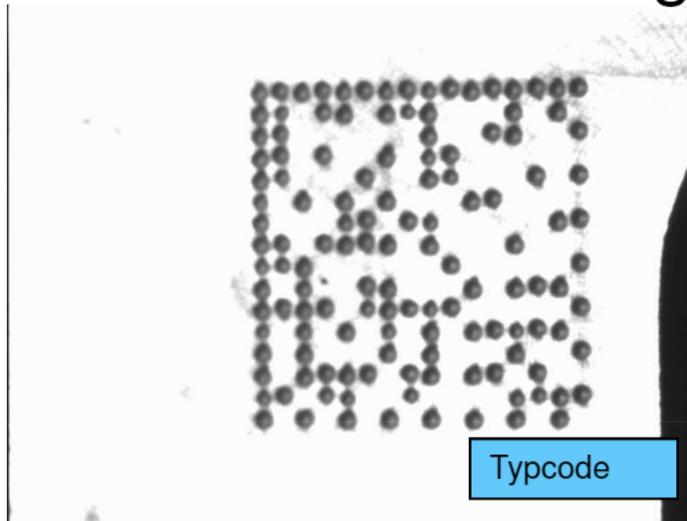
abhängig von:

- Lebenserwartung
- Materialzusammensetzung
- Oberflächenstruktur
- Datenmenge
- Platz und Position



Beispielprojekte

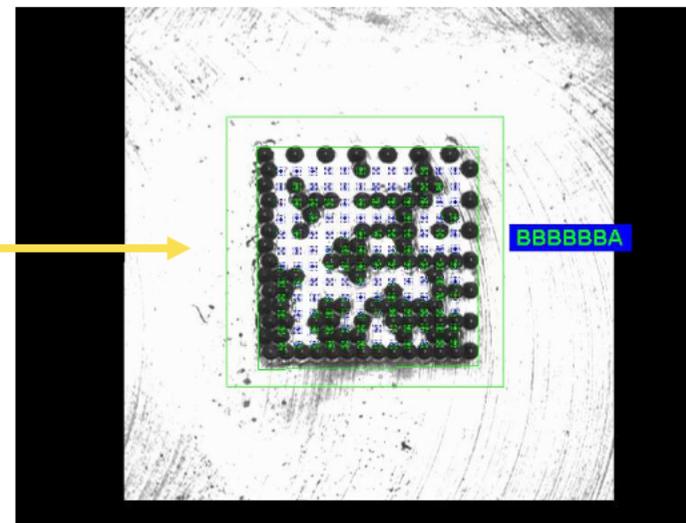
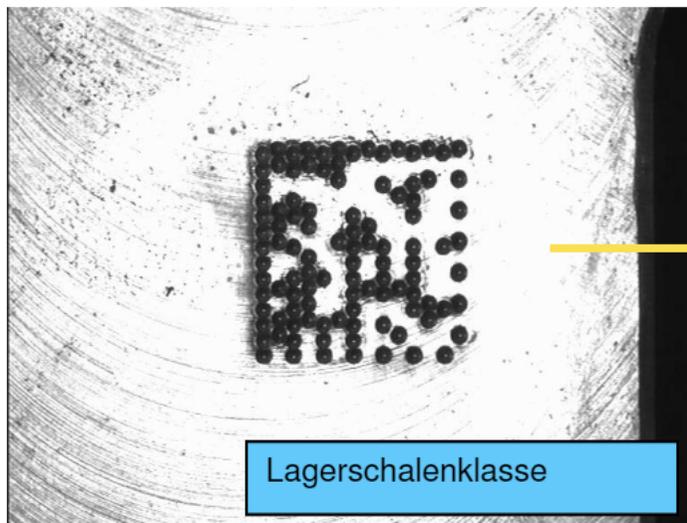
Data Matrix Erkennung



Variantenkontrolle

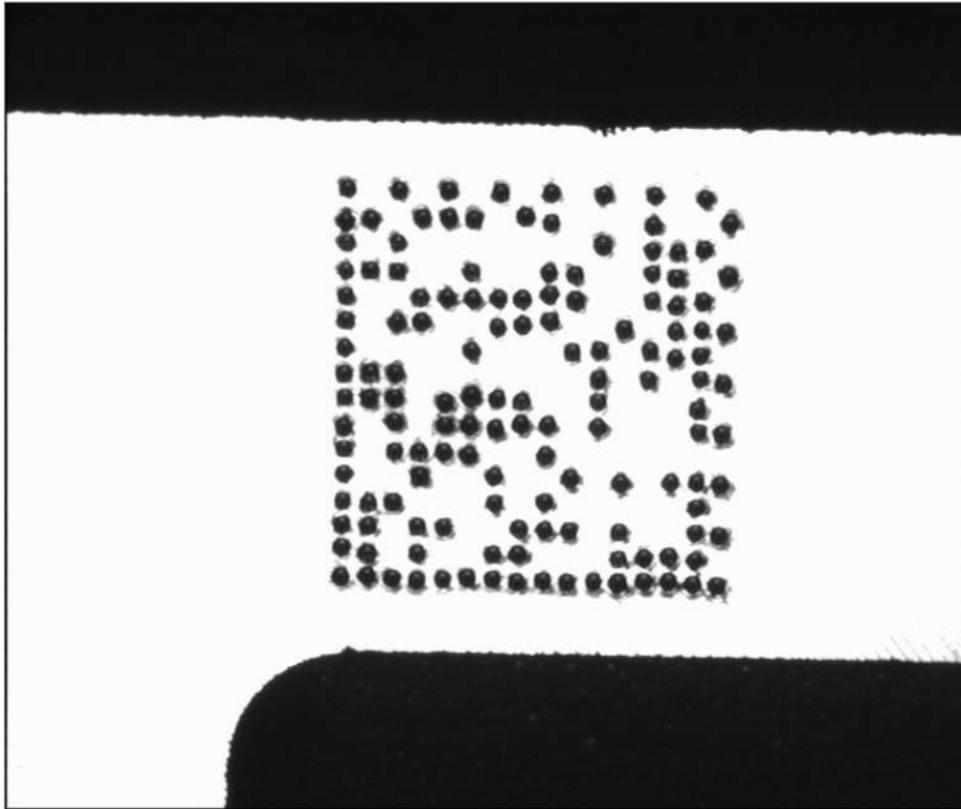
Identifikation anhand genadeltem DMC

Hier: Kurbelgehäuse



Beispielprojekte

Data Matrix Erkennung



Produktverfolgung
Identifikation anhand
genadeltem DMC



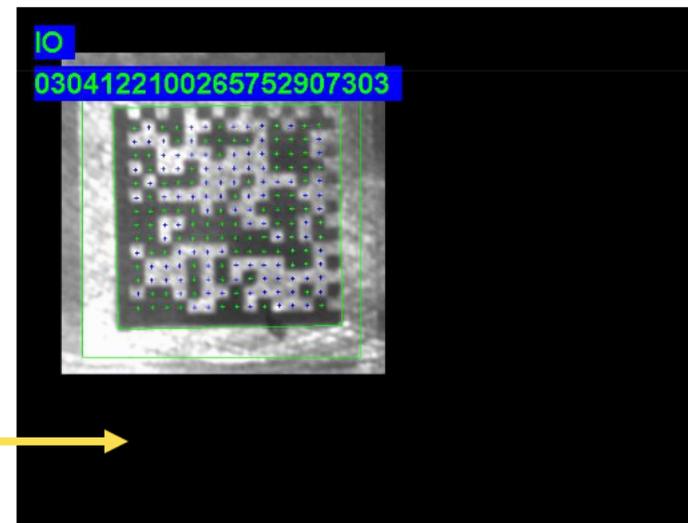
Beispielprojekte

Data Matrix Erkennung

Variantenkontrolle

Identifikation anhand gelasertem DMC

Hier: Kurbelwelle

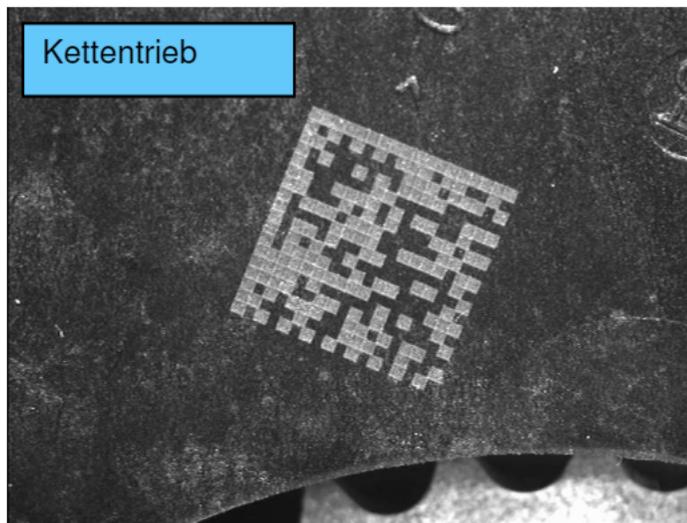
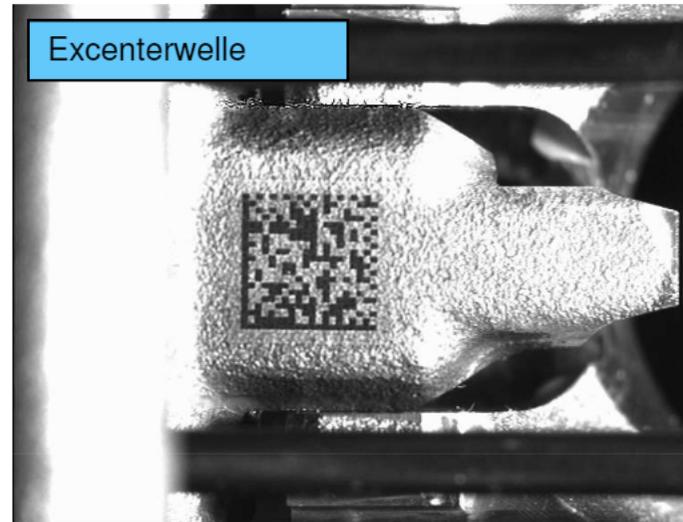


Beispielprojekte

Data Matrix Erkennung

Variantenkontrolle

- > Excenterwelle (gelasert)
- > Kettentrieb (gelasert)
- > Ölpumpe (genadelt)



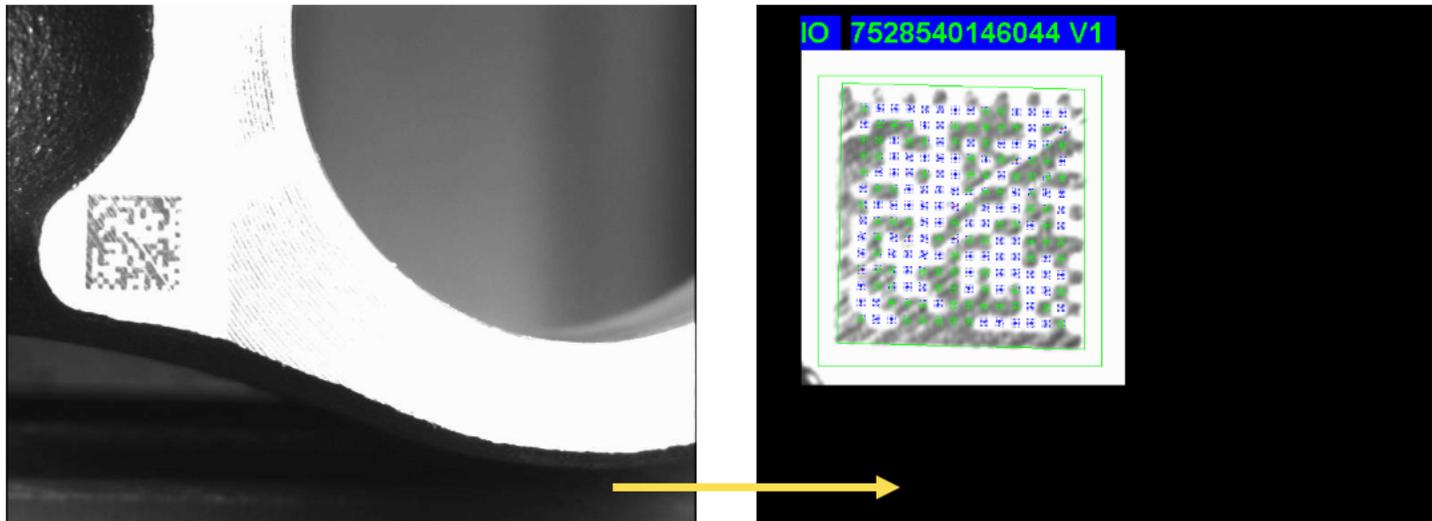
Beispielprojekte

Data Matrix Erkennung

Variantenkontrolle

Auslesen des Typcodes aus
gelasertem DMC 3x3 mm

Hier: Pleuel



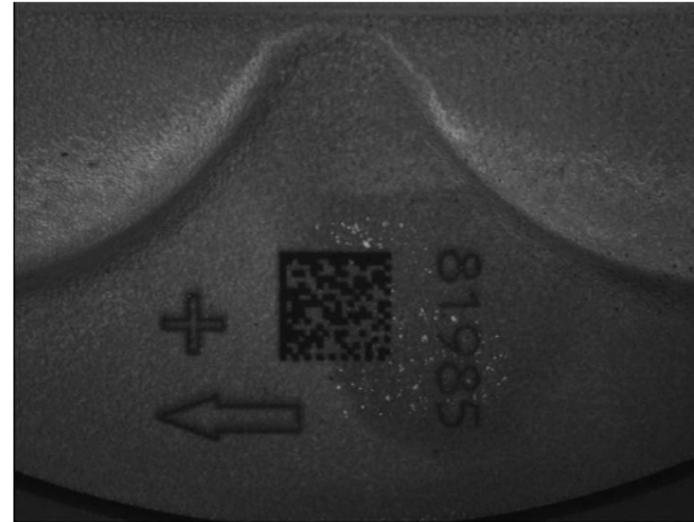
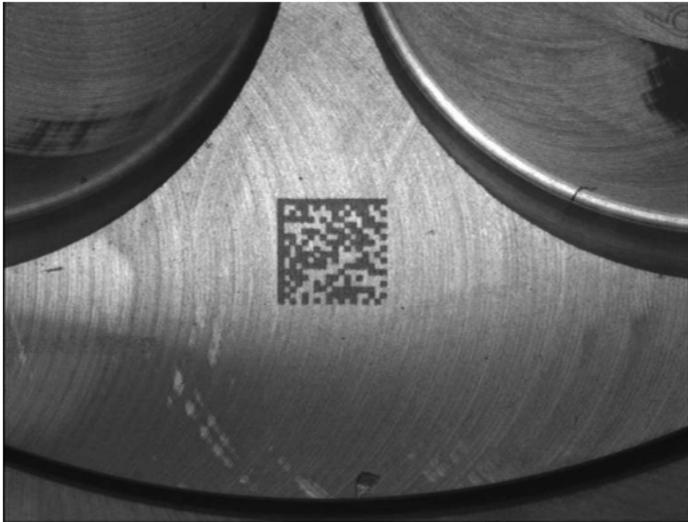
Beispielprojekte

Data Matrix Erkennung

Variantenkontrolle

Auslesen des Typcodes aus
gelasertem DMC

Hier: Kolben



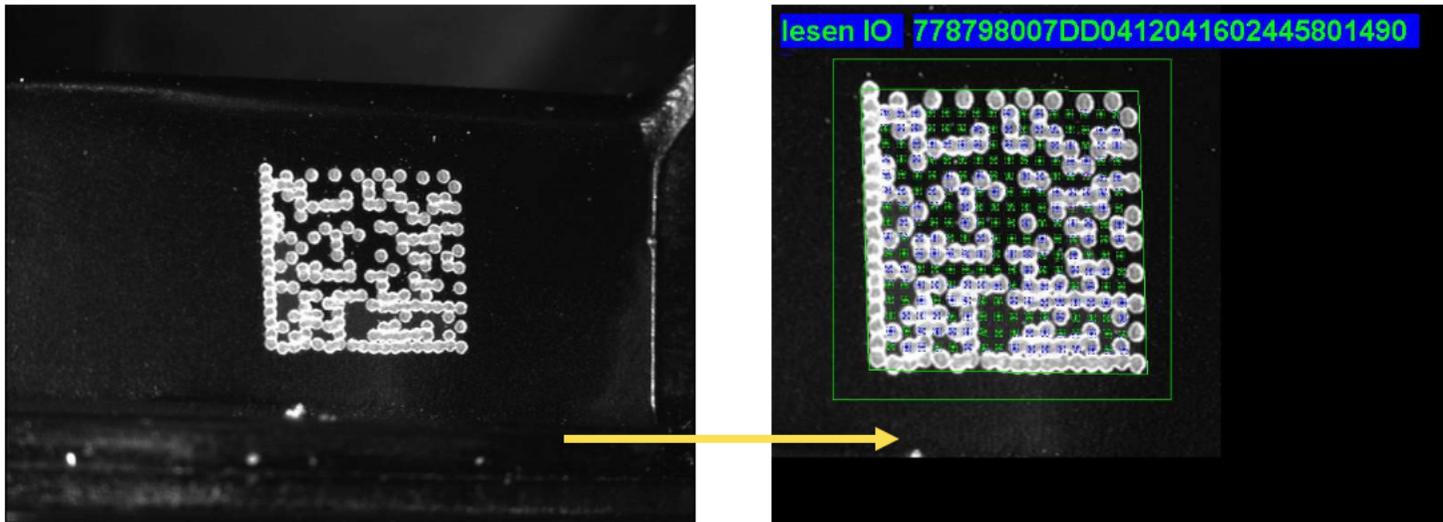
Beispielprojekte

Data Matrix Erkennung

Variantenkontrolle

Auslesen des Typcodes aus
genadeltem DMC auf Kunststoff

Hier: Zylinderkopfhaube



Zielsetzung:

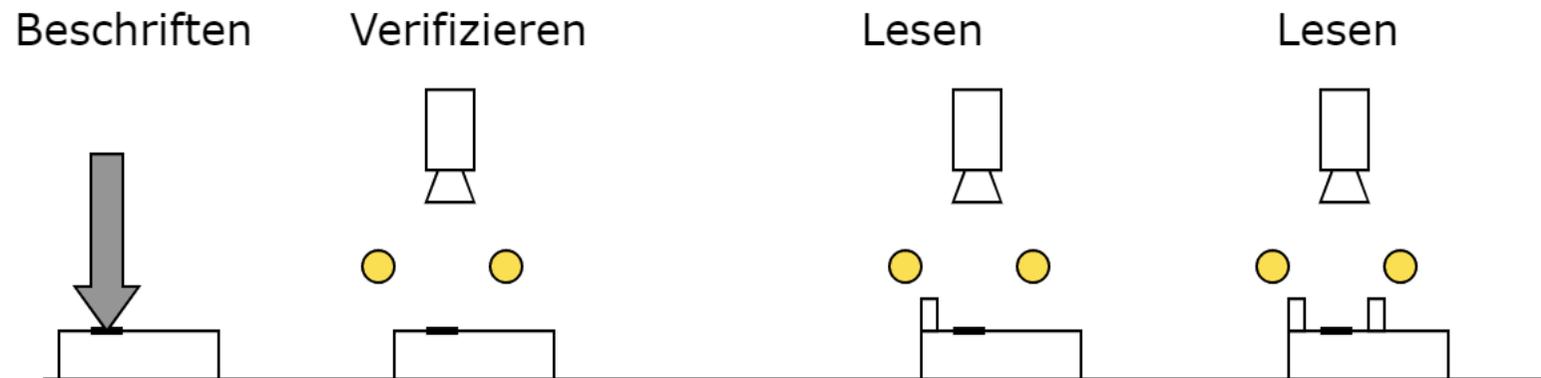
Qualitätsbewertung zur
Sicherstellung der Lesbarkeit

- über die Logistik-Kette
- in verschiedenen Einbau-Situationen
- über die Lebensdauer des Produkts



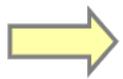
Qualitätsbewertung

Problemfeld Einbausituation



Qualitätsbewertung

AIM* International ... (= ISO/IEC 16022)



Standardisiertes Qualitätsmaß zur Sicherstellung der Lesbarkeit (Stufen A..F)

- Decodierung ok?
- ungenutzte Fehlerkorrektur

Geometriemerkmale:

- Druck-Stärke (Flächenverh. hell/dunkel-Zelle)
- axiale Ungleichförmigkeit (mittl. DX/DY)

optische Darstellung:

- Kontrast

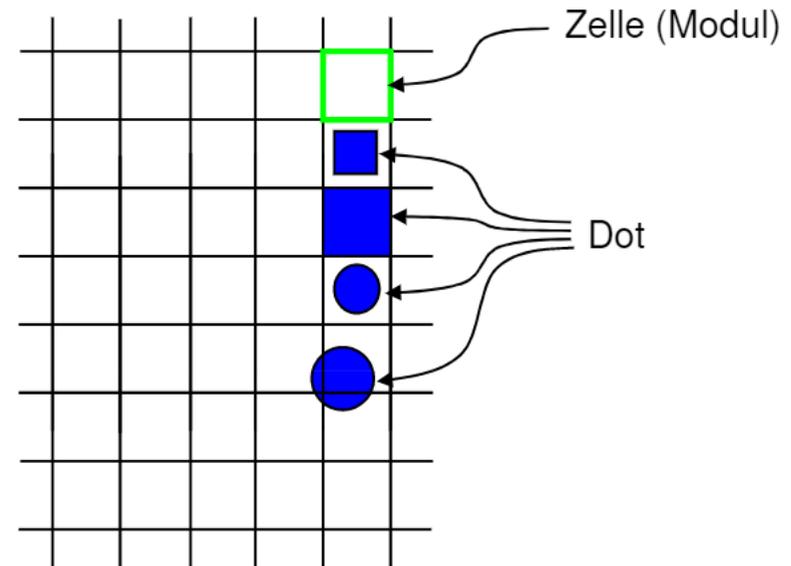
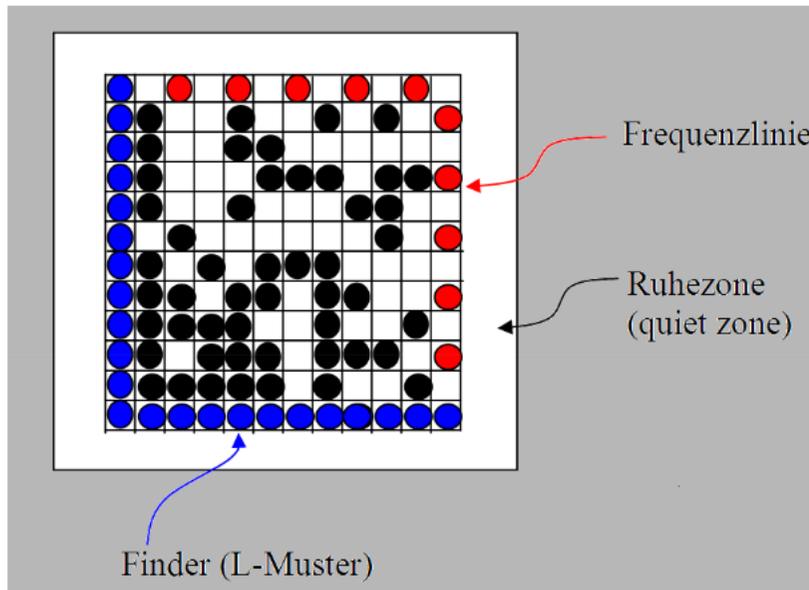
(Luft- u. Raumfahrtindustr.: Nadelform, Prägtiefe, etc.)



*Assoc. for Autom. Ident. and Mobility

Vision Tools Bildanalyse Systeme GmbH

Geometriemerkmale



Ruhezone mind. 1 Zellbreite (AIM),
homogen zu Grauwert der leeren Zellen.

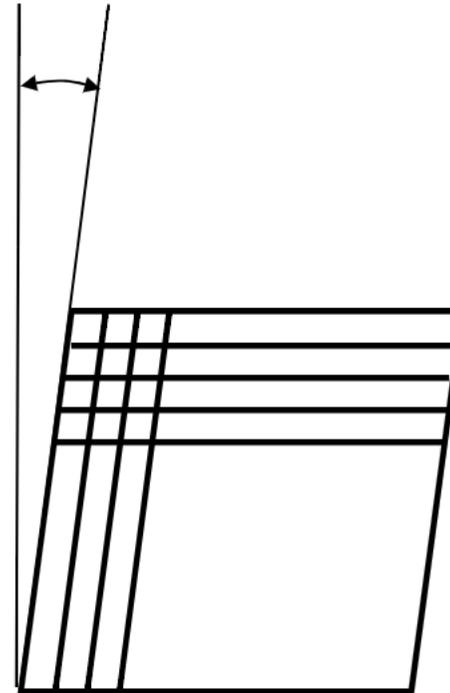
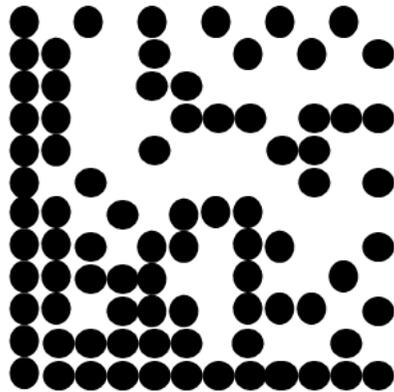


Geometriemerkmale (Empfehlung VT für fest installierte Systeme)

- Positionsschwankung $\pm \frac{1}{2}$ des Matrixcodes
- Drehlagenschwankung $\pm 15^\circ$
- Mindestzellgröße 5x5 Pixel
 - ➔ $\frac{1}{5} - \frac{2}{3}$ des Bildfeldes
- Größenschwankung der Matrix $\pm 15\%$

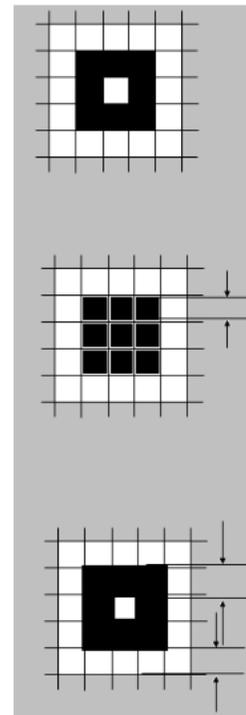
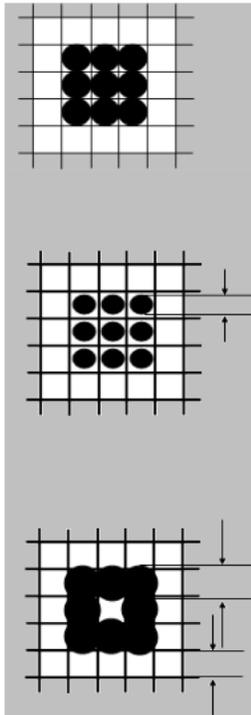
Geometriemerkmale (Empfehlung VT)

- Scherung max. $\pm 3,5^\circ$

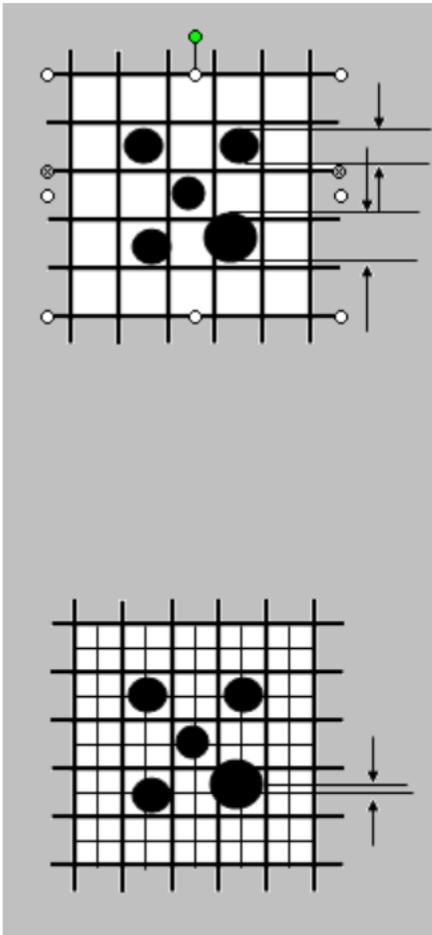


Geometriemerkmale (Empfehlung VT)

- Dotgröße
Nadelbeschriftung
90-105% Zellgröße
- Dotgröße
Laserbeschriftung
70-95% Zellgröße



Geometriemerkmale (Empfehlung VT)



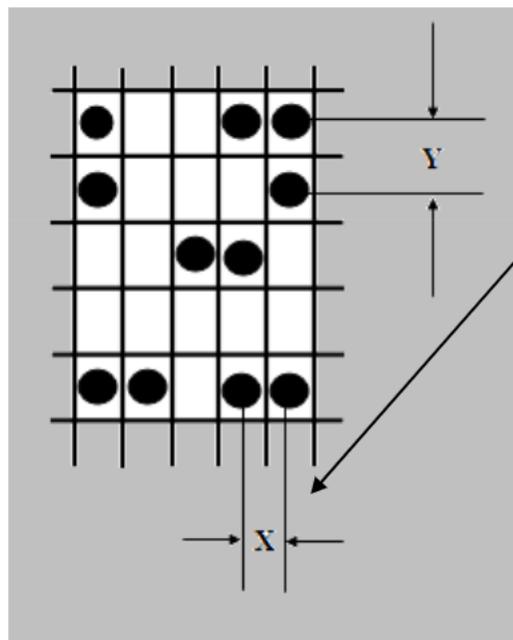
Schwankung Dotgröße
Max. 10 % Zellgröße

Dotverschiebung
Max. 10 % Zellgröße

Faustregel:
Dotverschiebung + Dotgröße
 $\leq 15\%$ Zellgröße

Geometriemerkmale

- Achsiale Ungleichförmigkeit (AN)



Abstände zwischen den Zellen

$$AN = \text{abs}(X_{\text{avg}} - Y_{\text{avg}}) / ((X_{\text{avg}} + Y_{\text{avg}}) / 2)$$

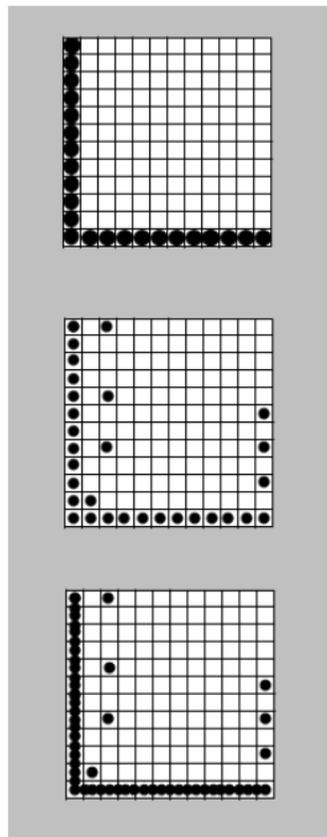
Gemäß AIM:

Qualitätsstufe A: AN ca. 0,06

Qualitätsstufe B: AN ca. 0,08

Geometriemerkmale

Nadelprägung: Finder



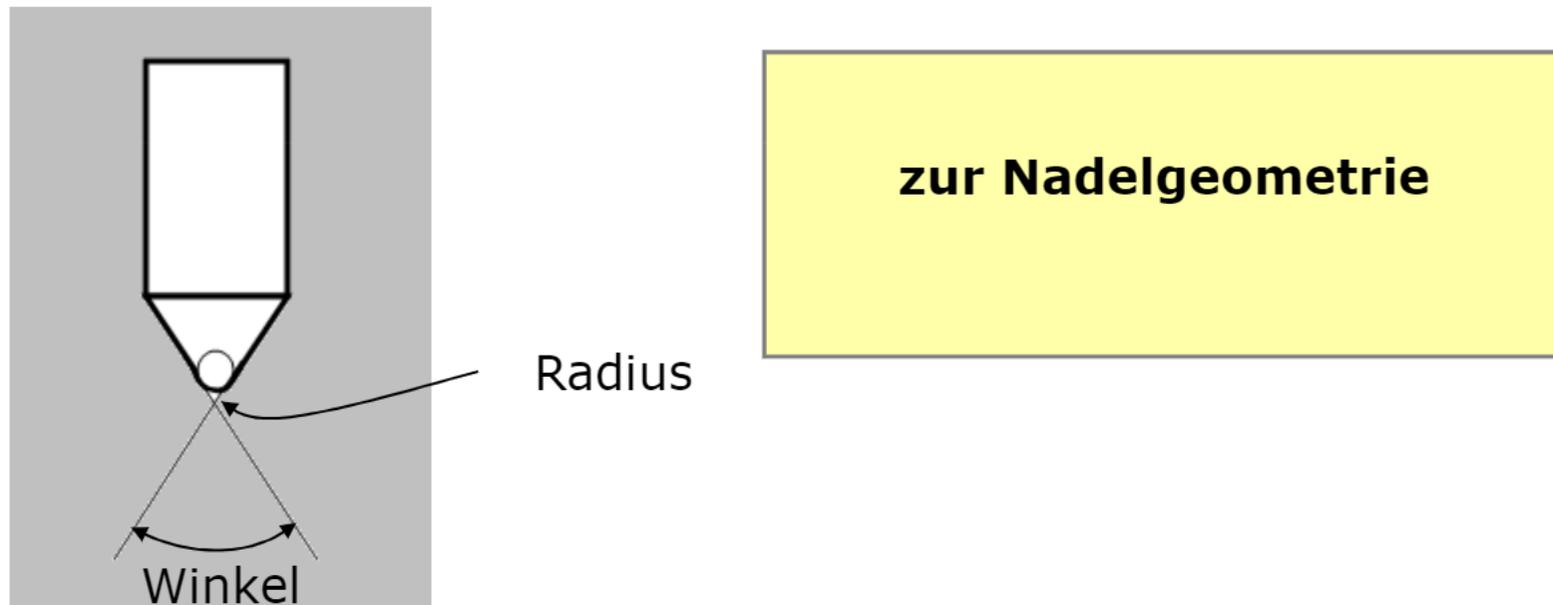
Erlaubt

Verboten lt. Norm

Erlaubt

Geometriemerkmale

Nadelprägung: Tiefe und Form



Geometriemerkmale

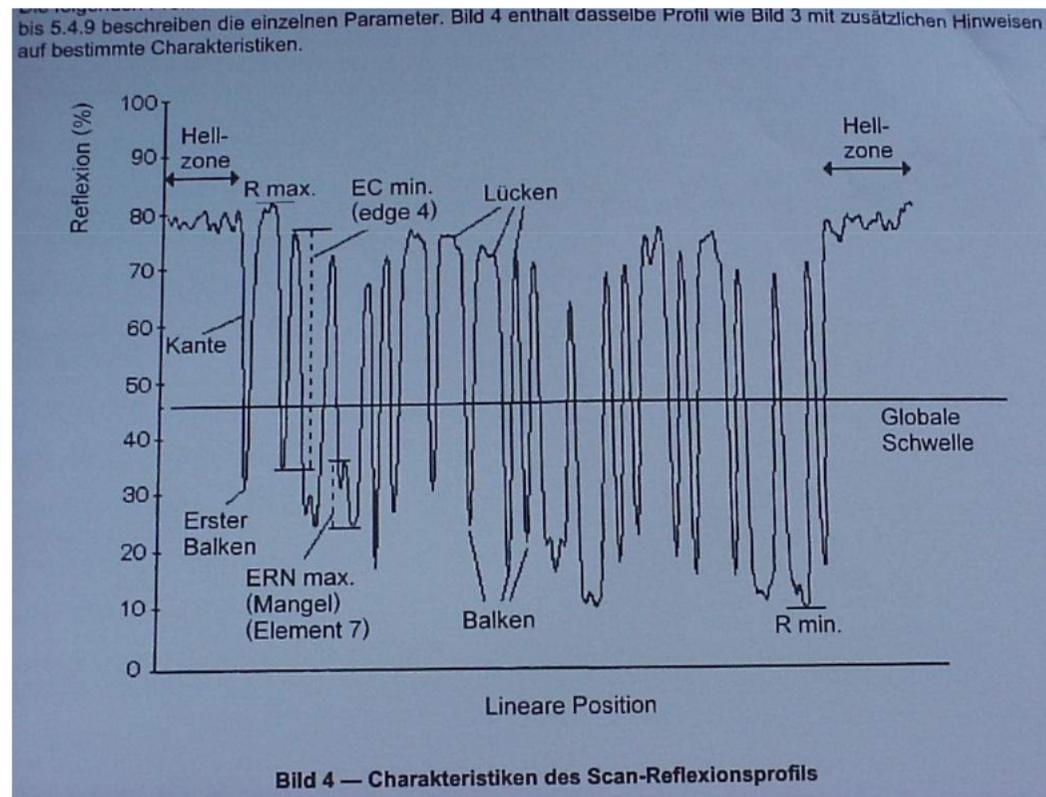
Übersichtstabelle Prägetiefe

Winkel der Prägenadel	Tiefe	Dot Durchmesser
60 Grad	0,25 mm	0,47 mm
60 Grad	0,19 mm	0,40 mm
60 Grad	0,09 mm	0,30 mm
60 Grad	0,03 mm	0,20 mm
60 Grad	0,01 mm	0,10 mm
90 Grad	0,17 mm	0,47 mm
90 Grad	0,14 mm	0,40 mm
90 Grad	0,09 mm	0,30 mm
90 Grad	0,04 mm	0,20 mm
90 Grad	0,014 mm	0,10 mm

Optische Darstellung

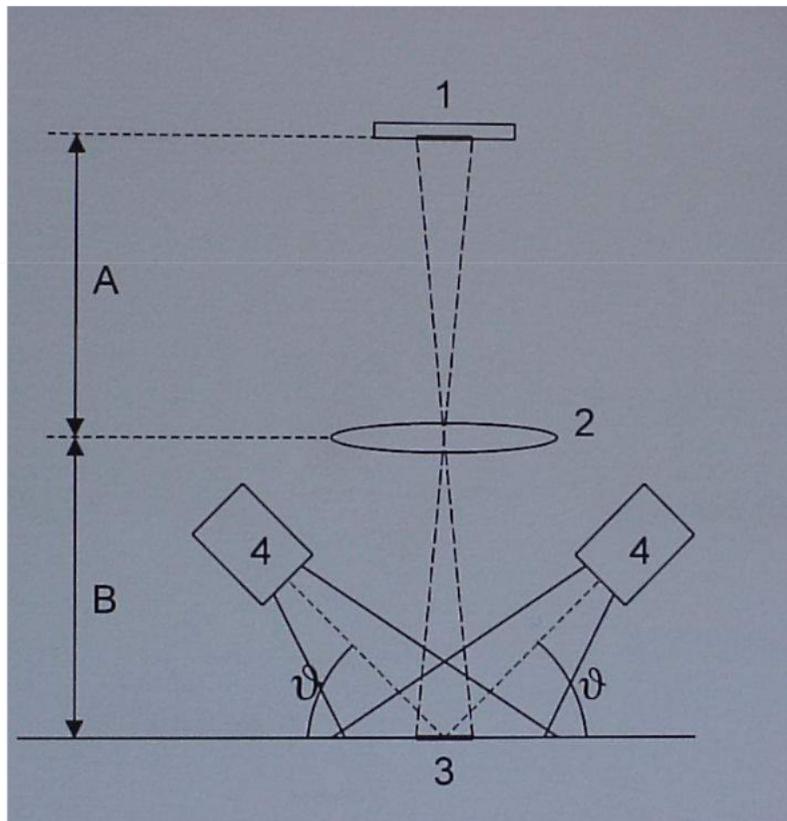
Kontrast nach Norm

(DIN ISO 15416 für Barcodes)



Optische Darstellung

Anordnung nach Norm



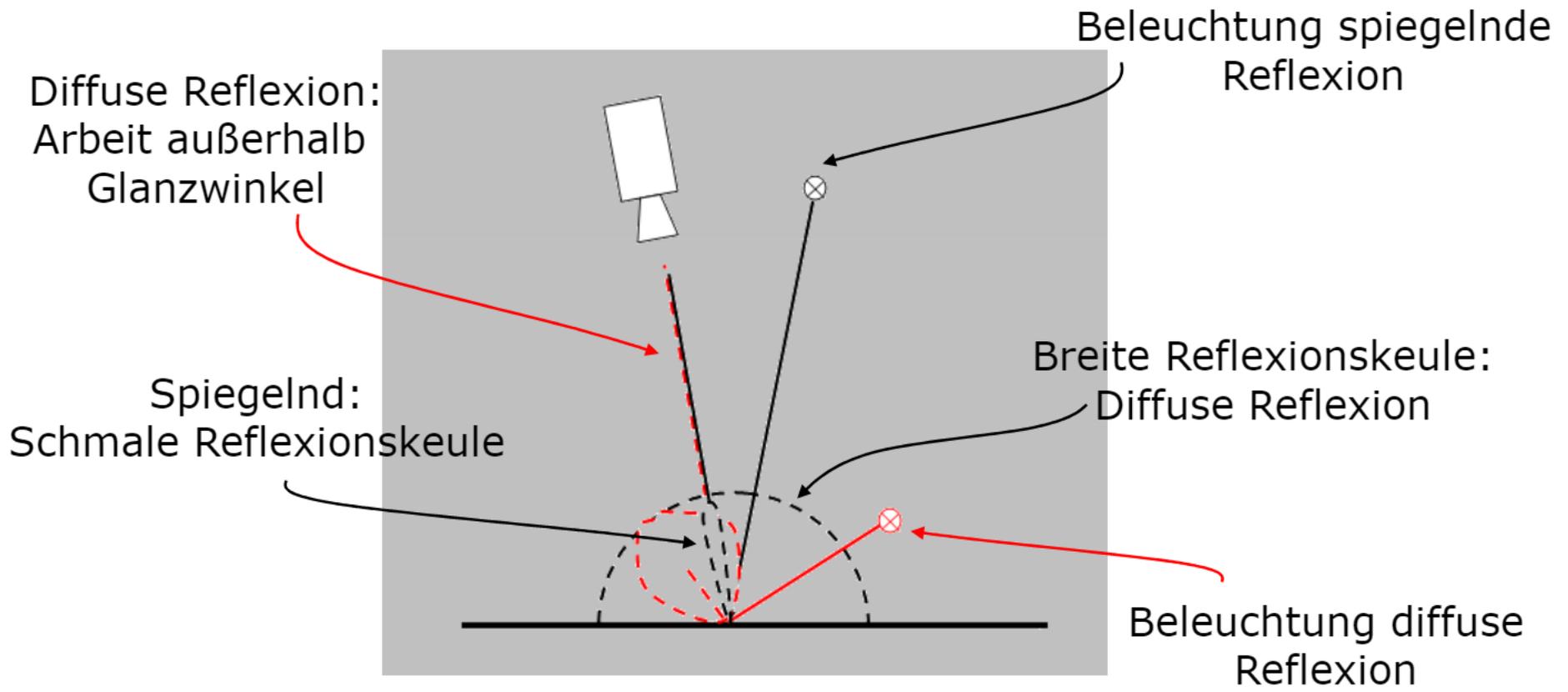
DIN EN ISO/IEC 15415:

Angle of incidence: Default=45°,
optionally 30° or 90°

Arrangement not intended to present
actual devices.

Measurements should be made using
light characteristics that approximate
most closely to those expected to be
used in the scanning process.

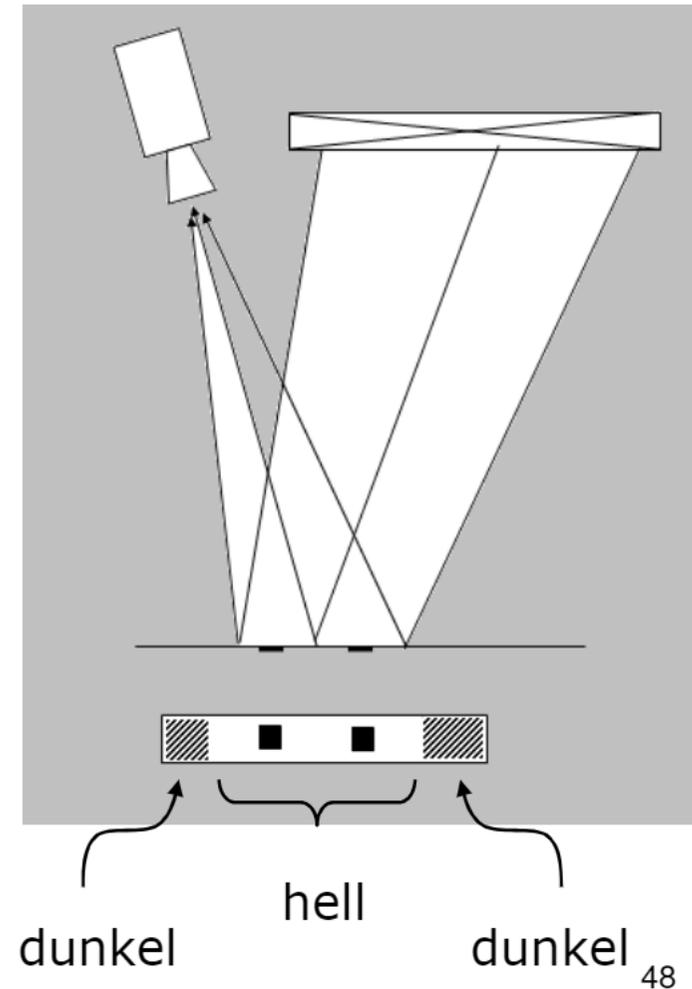
Optische Darstellung Reflexionskeule



Optische Darstellung

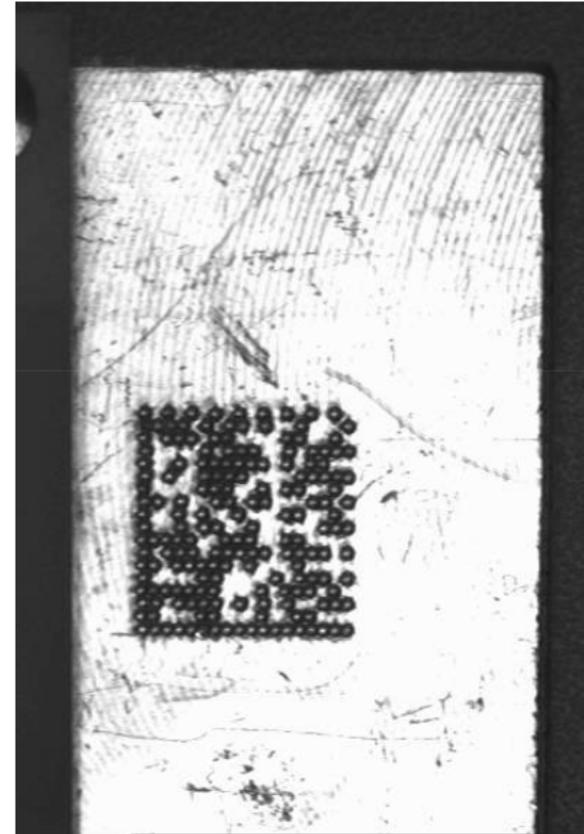
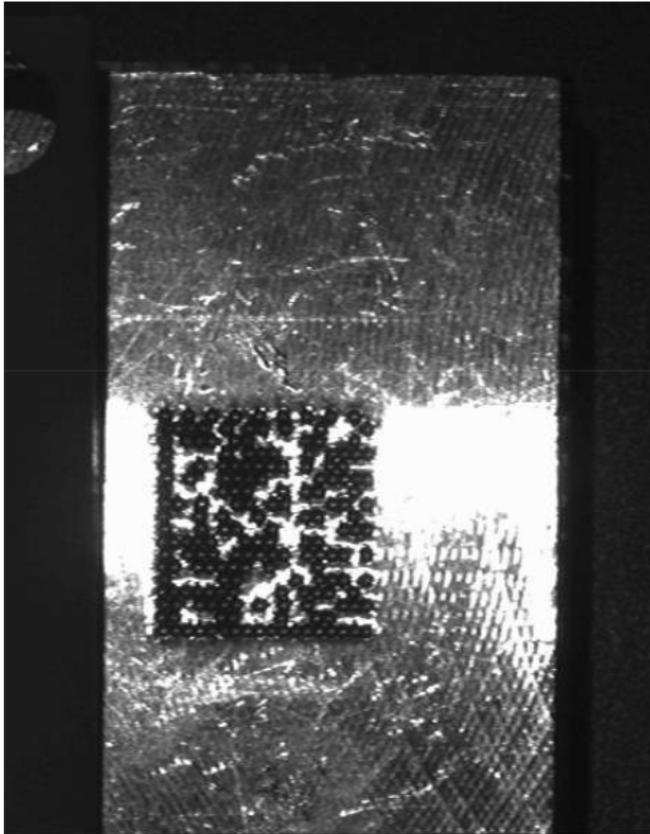
Spiegelnde ebene Oberfläche

**Faustregel:
Beschriftungsfeld <
 $\frac{1}{2}$ max. mögliche Größe
der Beleuchtung**



Optische Darstellung

Spiegelnde Oberfläche



Optische Darstellung

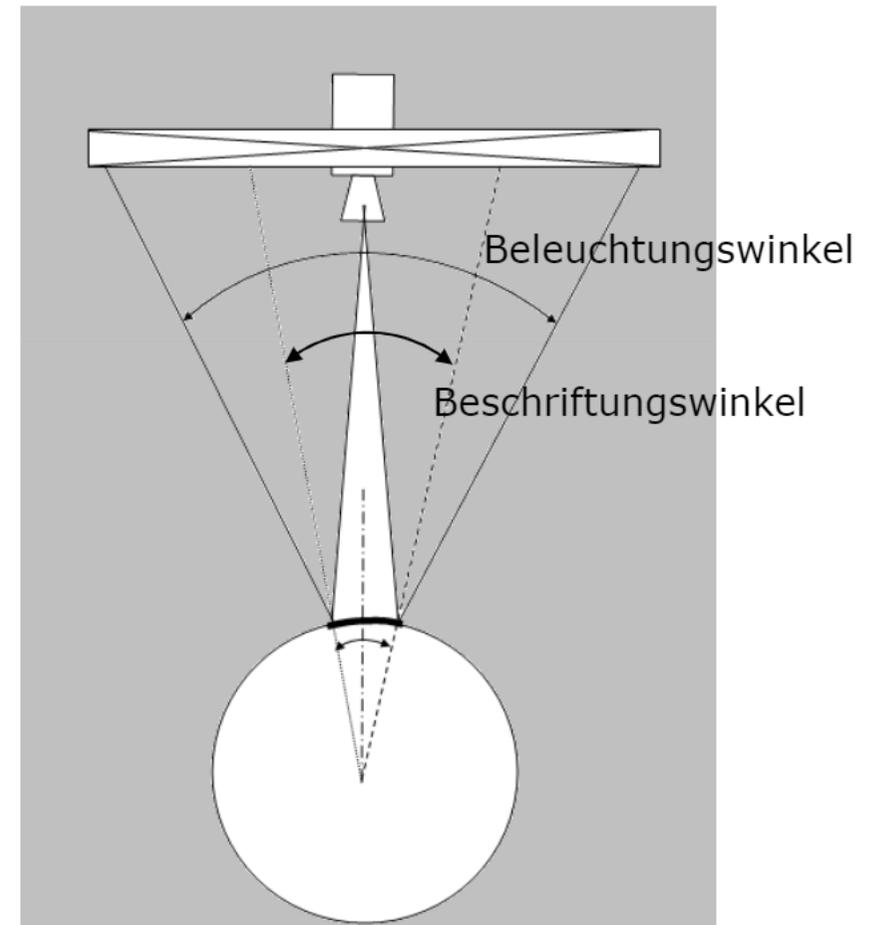
Spiegelnde Oberfläche



Optische Darstellung

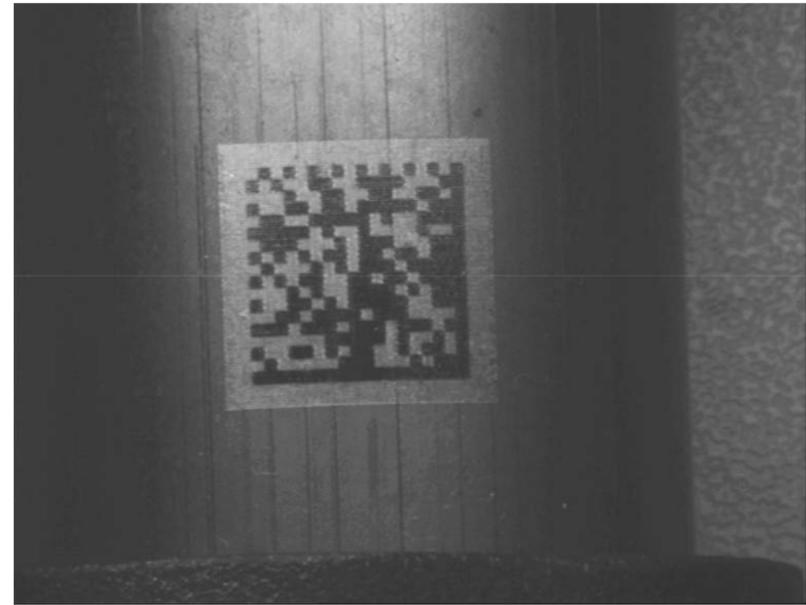
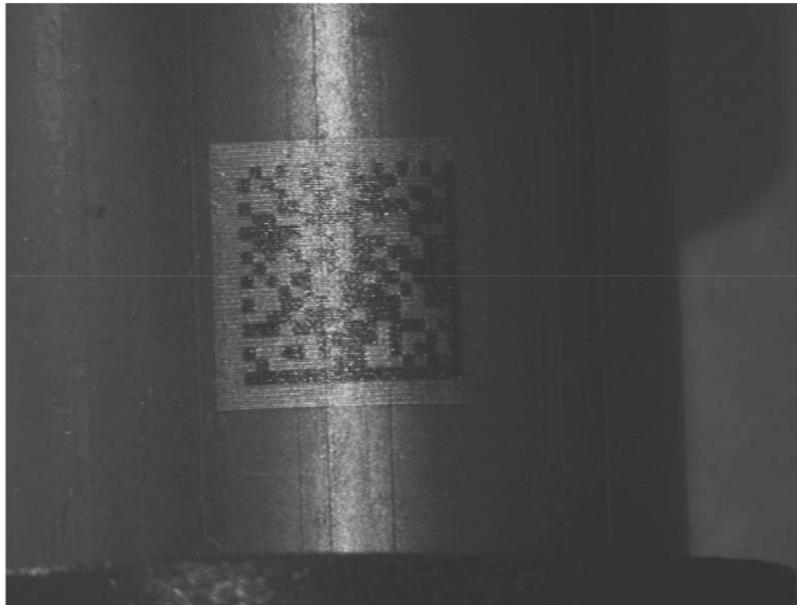
Spiegelnde runde Oberfläche

**Faustregel:
Beschriftungswinkel <
1/2 max. mögliche Größe
des Beleuchtungswinkels**



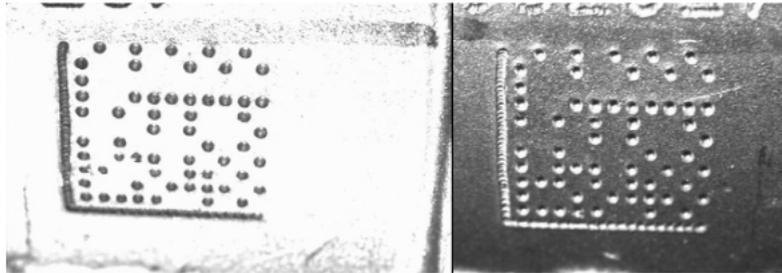
Optische Darstellung

Spiegelnde runde Oberfläche



Optische Darstellung

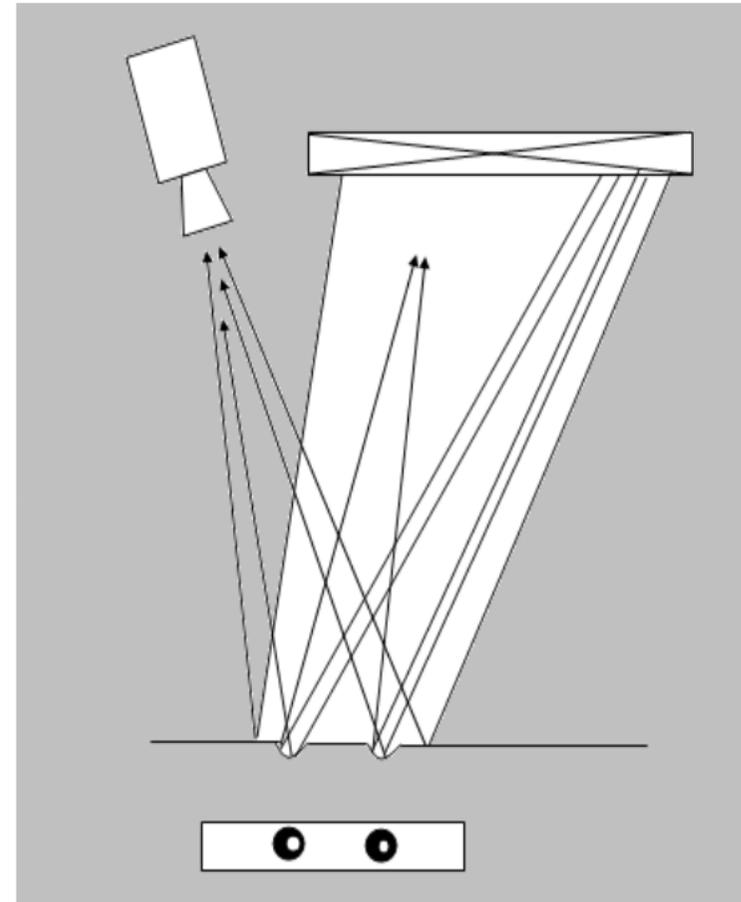
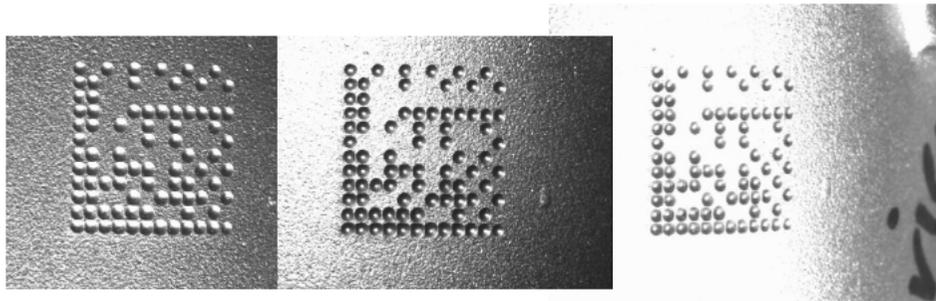
Hellfeld vs. Dunkelfeld



Prägenadel stumpf



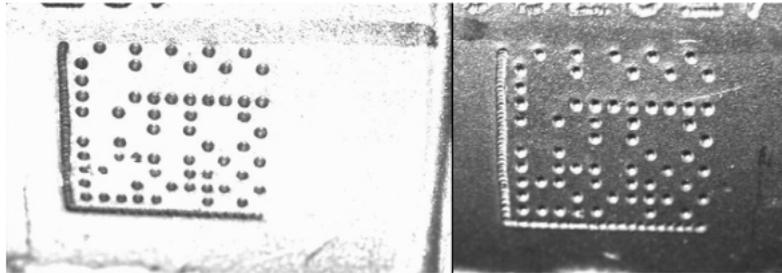
Prägenadel spitz



Hellfeld

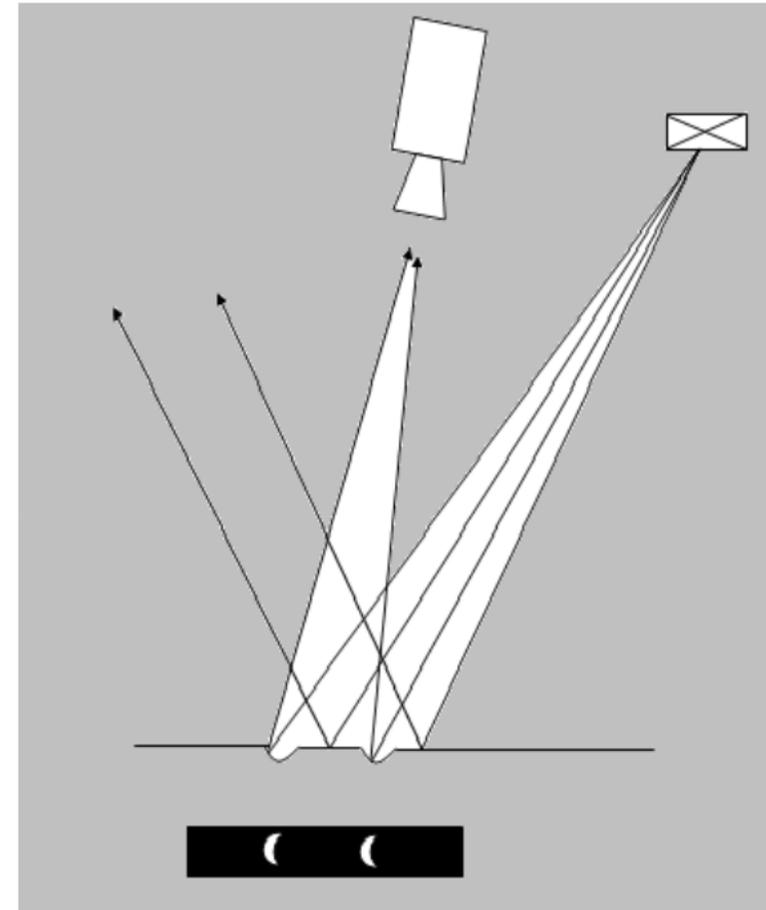
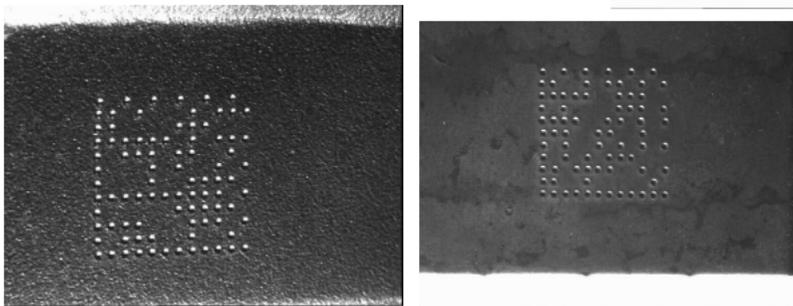
Optische Darstellung

Hellfeld vs. Dunkelfeld



Vorteil:
einfache (punktuelle) Beleuchtung

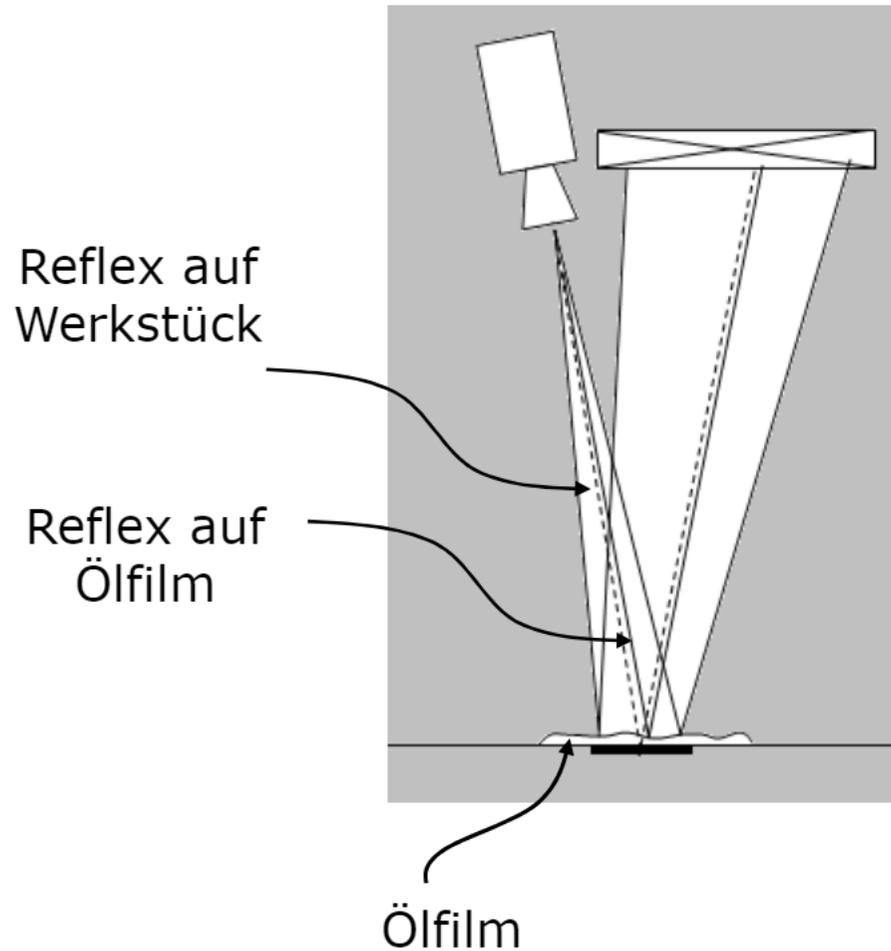
Nachteil:
Glanzwinkel abhängig
von Prägeform



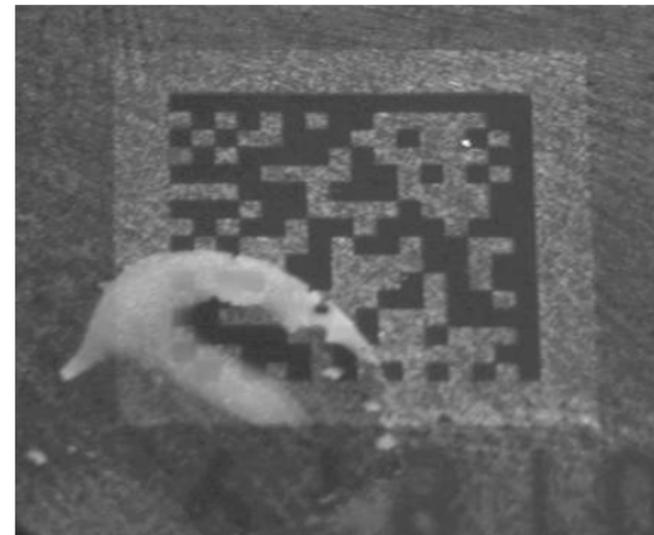
Dunkelfeld

Optische Darstellung

Ölfilm-Reflex

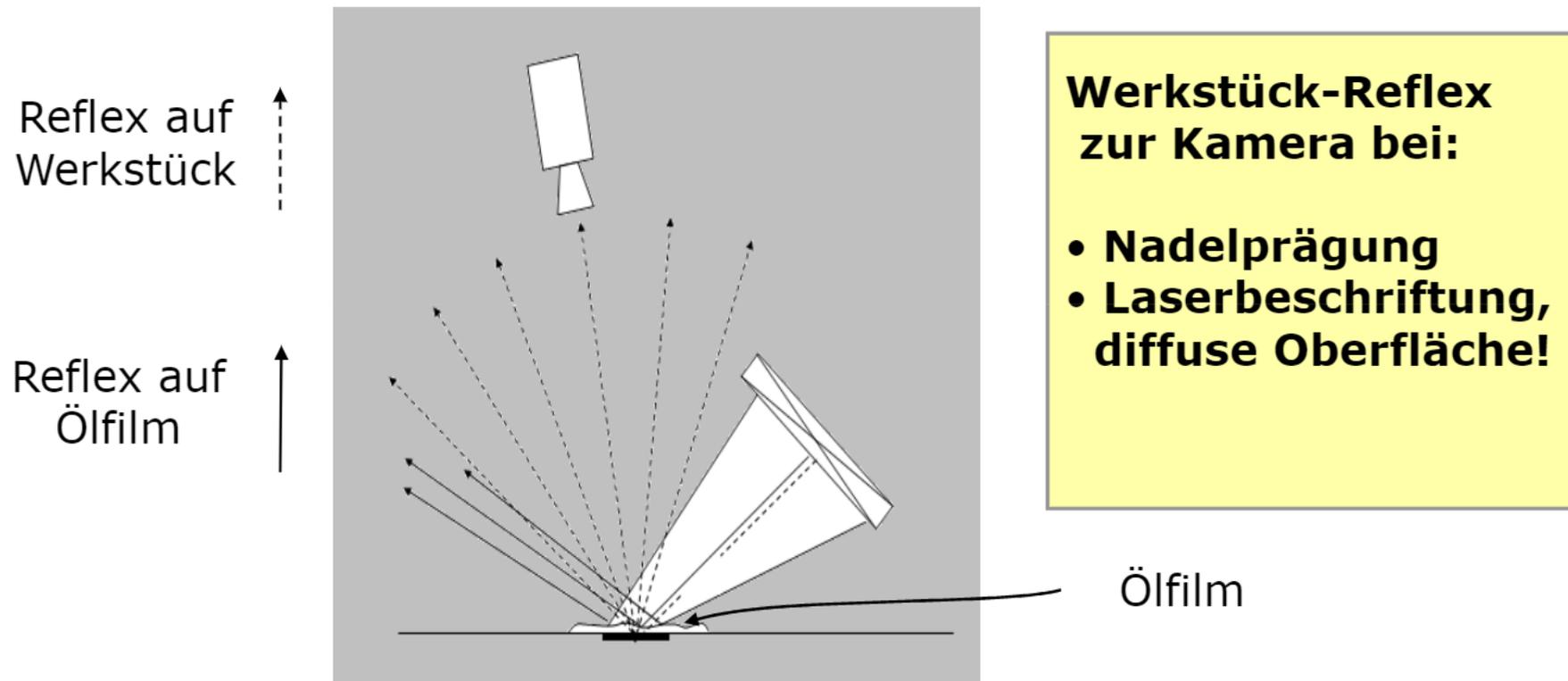


**Ölfilm-Reflex
überstrahlt
Werkstück-Reflex**



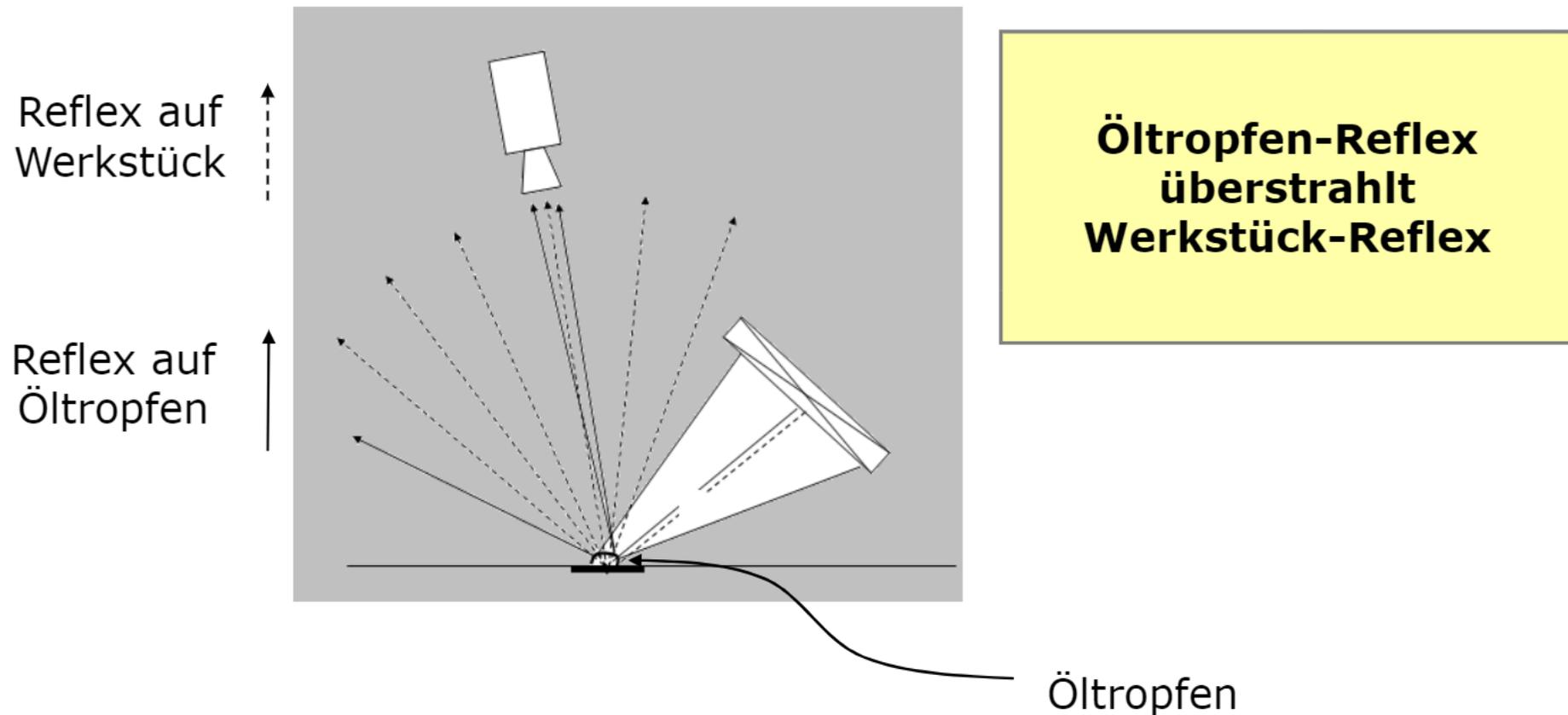
Optische Darstellung

Ölfilm-Reflex



Optische Darstellung

Ölfilm-Reflex



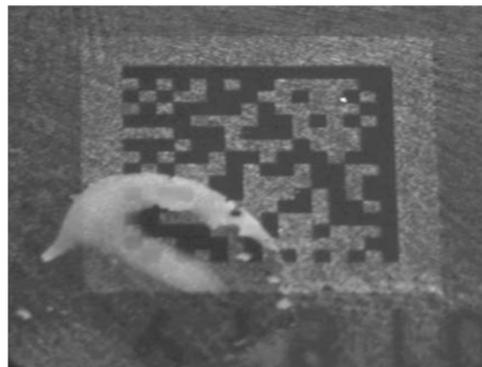
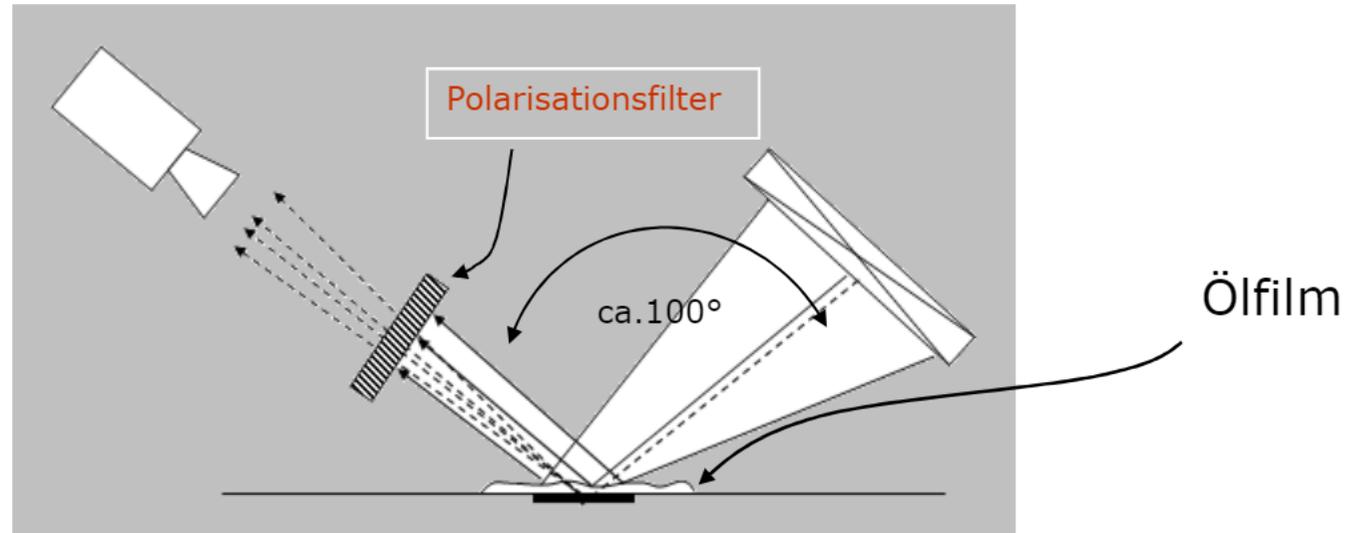
Optische Darstellung

Ölfilm-Reflex

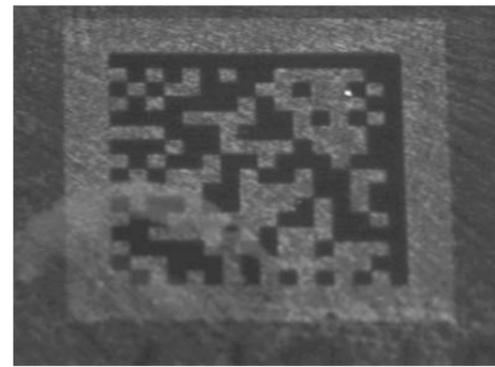
Reflex auf
Werkstück



Reflex auf
Öltropfen



ohne Polfilter



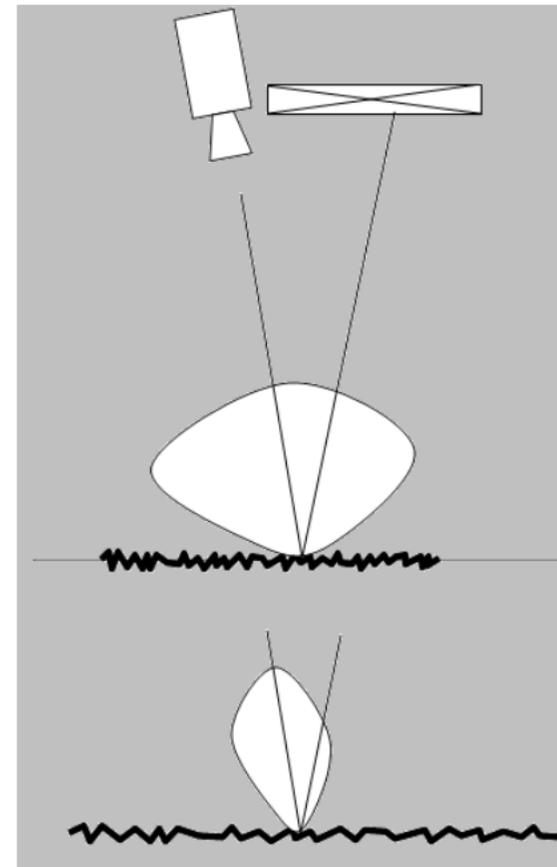
mit Polfilter

Vision Tools Patent DE 102 27 209

Optische Darstellung

Oberflächenrauigkeit und Reflexionskeule

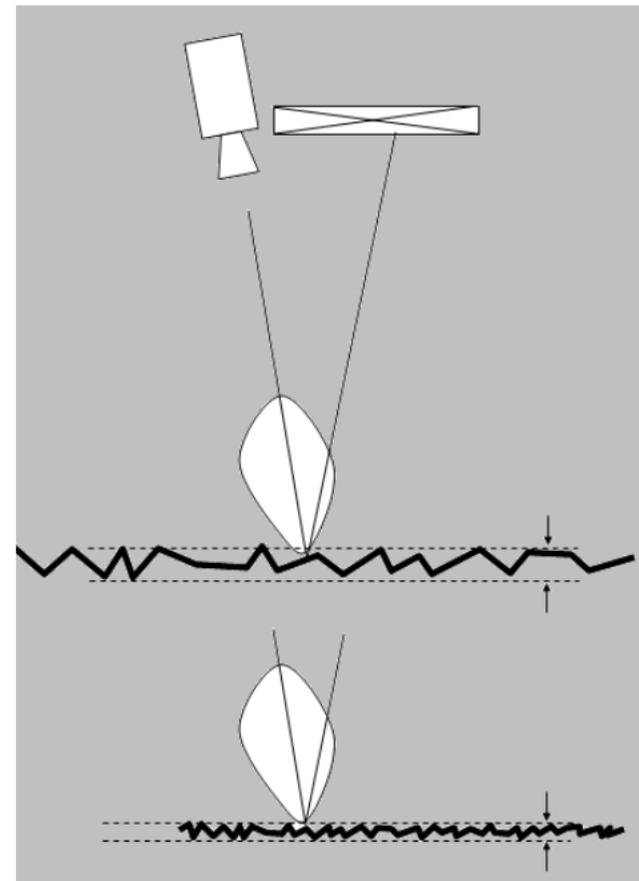
**Verschiedene Reflexionskeule
bei gleicher
Rauigkeit nach DIN**



Optische Darstellung

Oberflächenrauigkeit und Reflexionskeule

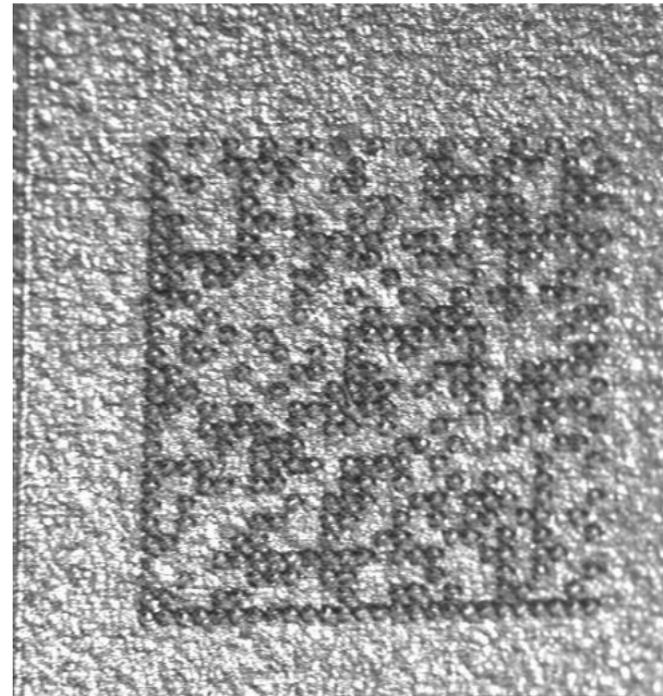
**Gleiche Reflexionskeule
bei unterschiedlicher
Rauigkeit nach DIN**



Optische Darstellung

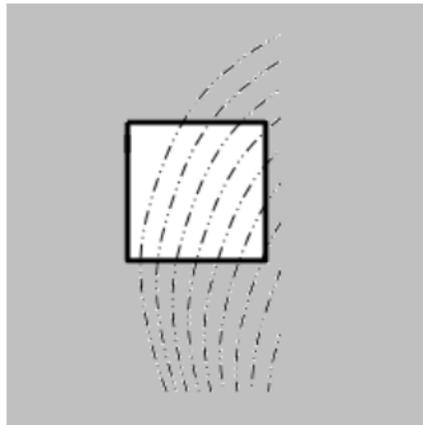
Granularität der Oberfläche

➔ Mindestzellgröße
abhängig von
Granularität

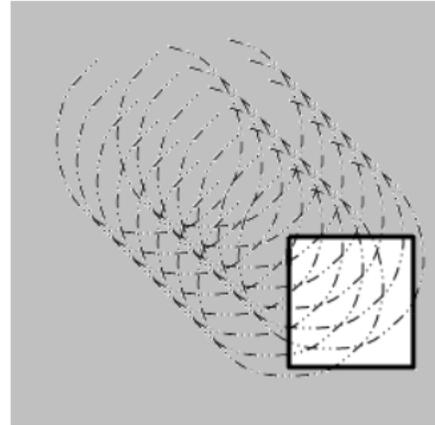


Optische Darstellung

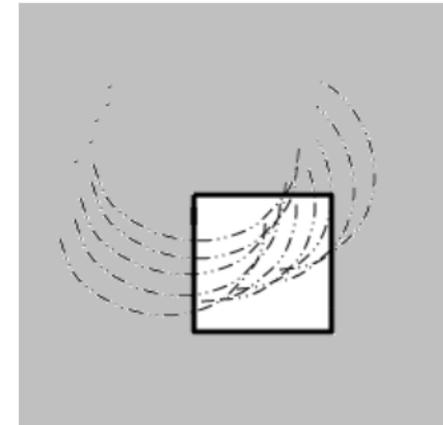
Bearbeitungsspuren



Blickrichtung

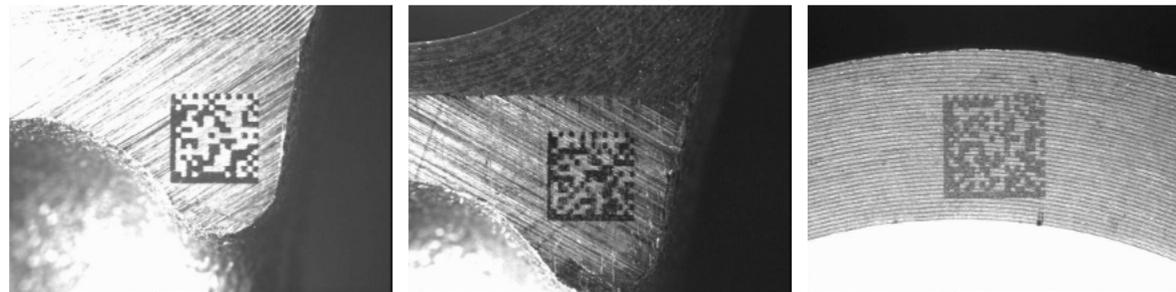


Verboten



Verboten

Erlaubt (Empf. VT)



Problematik der Qualitätsbewertung

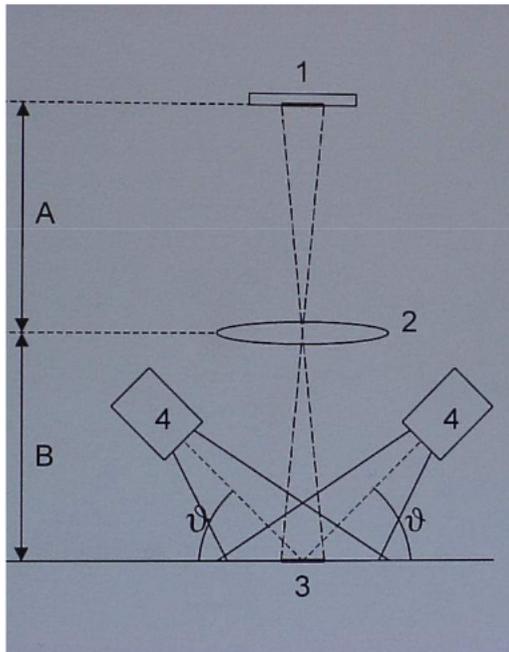
Die 2D-Geometrie ist zwar einfach zu bewerten,

ausschlaggebend für Qualität ist der Kontrast. Dieser ist mehr von der Beleuchtungs/Kamerageometrie abhängig als von der Beschriftung.

Die Verifikation der Lesbarkeit setzt die Angabe der Beleuchtungs/Kamerageometrie voraus.

Problematik der Qualitätsbewertung

Mankos



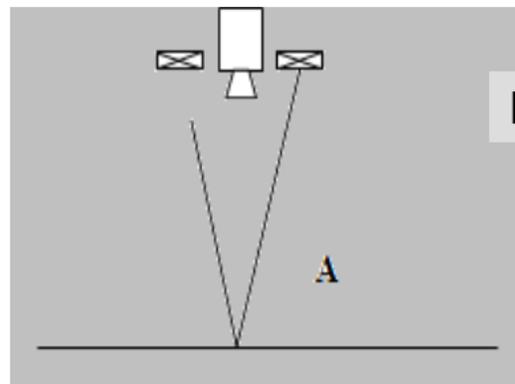
Die in Normen zu findende „Default“-Geometrie ist in sehr vielen Situationen geradezu falsch; Die Normen liefern keine Hilfestellung bezüglich Beleuchtungs- und Kamerageometrie.

Es fehlt ein verwendbares Granularitätsmaß.

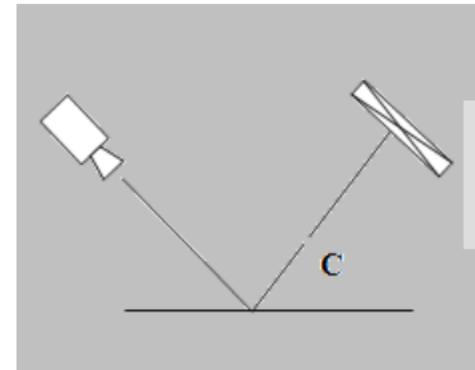
Es fehlt eine Rauigkeitsdefinition auf Basis der Neigungsverteilung, nicht der Amplitude.

Problematik der Qualitätsbewertung

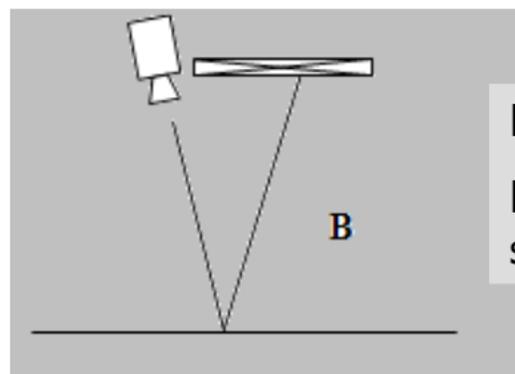
Vorschlag VT: Standardanordnungen



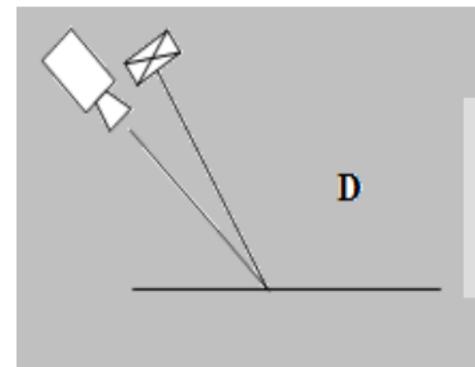
Hellfeld



Hellfeld



Hellfeld (coaxial mit halbdurchl. Spiegel)



Dunkelfeld

Problematik der Qualitätsbewertung

Bitte an Ausrüster und Endkunden:

Auseinandersetzung mit der Bildaufnahme-problematik und Zusammenarbeit mit dem Lieferanten des Lesegeräts bereits in Planungsphase.

Beispiele:

Bei spiegelnden, insbes. gekrümmten Oberflächen notwendige Größe der Beleuchtung beachten.

Überwachung der Prägetiefe: Dotgröße UND Nadelform überwachen.

Problematik der Qualitätsbewertung

Erforderlich zur Verifikation der Lesbarkeit:

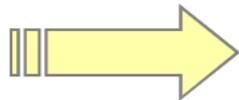
Angabe baulicher Beschränkungen

→ Angabe der Aufnahmegeometrie

→ Auswahl einer von wenigen Standardanordnungen.

Fazit

Qualitätsbeurteilung und -Sicherung alleine durch Einhaltung der Norm nicht erreichbar.



Verständnis für komplexe Bildverarbeitungsaufgaben erforderlich



Kooperation mit dem Lieferanten bereits in der Planungsphase empfohlen

AIM International Symbology Specification Data Matrix // AIAG 2D Direct Parts Marking Guideline // ISO/IEC 16022 (entpr. AIM) // DIN EN ISO/IEC 15416 Bar Code Print Quality Test Specification. // DIN EN ISO/IEC 15415 Testspezifikation .. Druckqualität - 2D-Symbole // (2D Data Matrix Guideline, MTU Aero Engines //..Direct Part Marking ...NASA Technical Handbook 6003A // EN 9132 Luft- u. Raumfahrt ... Data Matrix Qualitätsanforderungen).