

Prof. W. Hillen,
Medizinische Informatik
FH - AC (Jülich)

Praktikum 6

Digitale Bildverarbeitung

Industrielle Bildverarbeitung (Machine Vision) Fertigungskontrolle von Unterlegscheiben

Themen:

- **Bimodalitätsanalyse zur Objektsegmentierung.**
 - **Objekt-Klassifikation im 1-dim. Merkmalsraum.**
 - **Entwurf eines Programmablaufplans zur automatischen Fertigungskontrolle.**
-

Aufbau des Bilderfassungssystems (für Praktikum 6, 7, 8)

Das für die Praktika 6, 7 und 8 verwendete Bilderfassungssystem ist in Abb. 1 dargestellt. Zur Bildaufnahme wird eine Nikon D1 Digitalkamera mit einer Auflösung von 2012*1324 Bildpunkten verwendet. Die Weiterleitung der Bilddaten zu einem PC erfolgt über eine IEEE 1394 Schnittstelle. Die Kamerabedienung und –Einstellung sowie die Online Verarbeitung und Abspeicherung der Bilder erfolgt mit Hilfe der *Nikon View DX* Software.

Alle Bilder des Praktikums werden von der Nikon D1 Kamera im Schwarz/Weiß-Mode bei voller Auflösung erfasst. Die Belichtung erfolgt mit Zeitautomatik; die Fokussierung wird manuell betätigt und innerhalb einer Messserie nicht verändert (konstante Abbildungsverhältnisse). Als Objektiv wird ein 55/2.8 Nikon Micro verwendet.

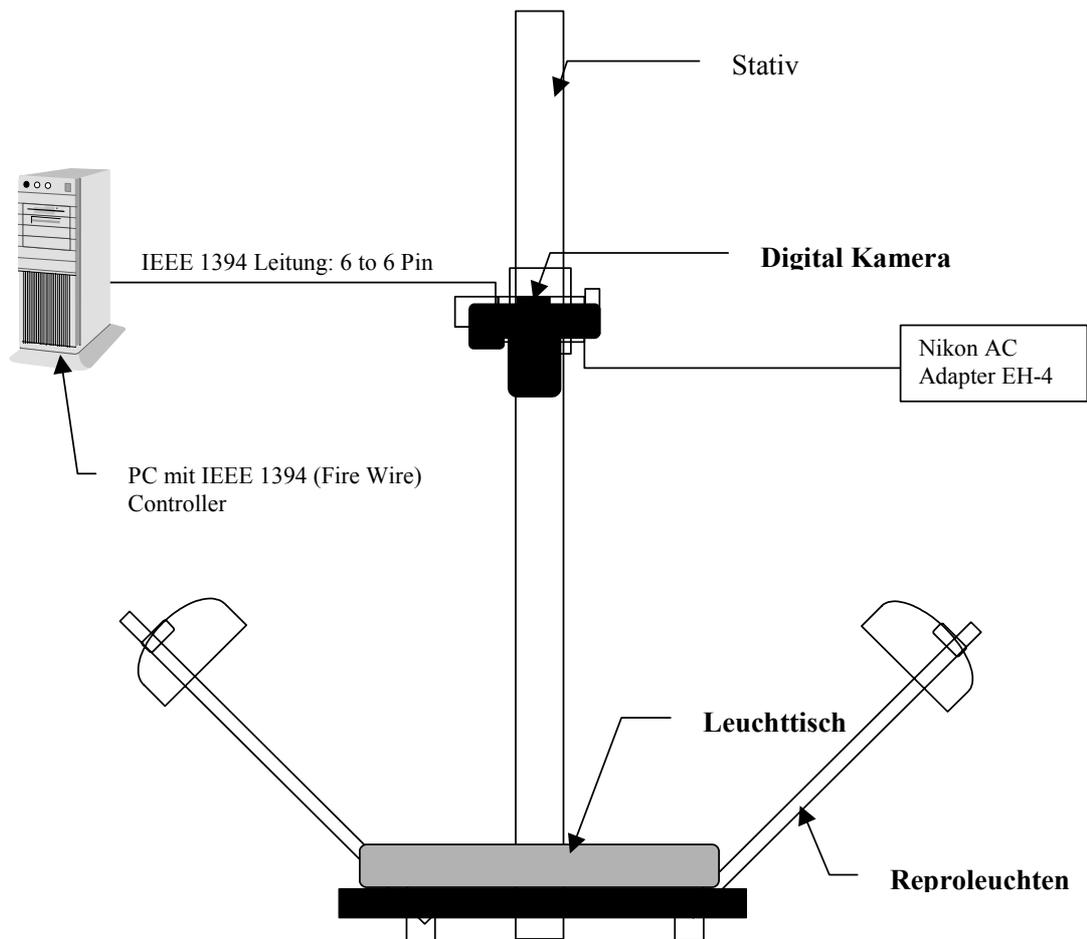


Abb.1 Aufbau des Bilderfassungssystems

Die Kamera ist auf einem Belichtungsstativ montiert, das Objektentfernungen bis zu 110 cm erlaubt. Die Untersuchungsobjekte werden für eine Beleuchtung in Transmission (Lichtquelle hinter Objekt) auf einem Hochfrequenz-Leuchttisch positioniert. Für eine diffuse Beleuchtung mit Auflicht (Licht von oben) dienen zwei Hochfrequenz-Reproleuchten.

Bem.: Die Hochfrequenzansteuerung der Leuchten sorgt im Gegensatz zum 50Hz-Betrieb für konstante Lichtverhältnisse während der Bilderfassung.

Alle Bilder sind im 8-bit TIFF-Format abgespeichert. Die Bilddaten wurden bei Bedarf mit einer linearen LUT-Operation umskaliert zur Anpassung an die 8-bit Dynamik. Sie können mit „File / Open...“ direkt unter ImageJ eingelesen und verarbeitet werden.

Bildmaterial (Praktikum 6): Fertigungskontrolle von Unterlegscheiben

Im Praktikum 6 werden U-Scheiben für M12 Gewinde untersucht. Die U-Scheiben wurden in einem Objektstand von 448 mm in Transmission abgelichtet (Belichtungszeit: 1/320s). Um Reflexionen des Umgebungslichtes zu vermeiden, wurde der Untersuchungsraum komplett abgedunkelt.

Eine Stichprobe aus 10 fehlerfreien U-Scheiben wurde aufgenommen zur Bildung einer Referenzklasse (Referenzscheibe R01 bis R10). Eine Anzahl von U-Scheiben mit unterschiedlichsten Produktionsfehlern (Defekt D01 bis D12) sind in den Bildern *Sch_D01* bis *Sch_D12* enthalten. Das Bildmaterial ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Nr.	Datei-Name	Fehlerart / Bemerkung
R01	Sch_R01	Referenzscheibe (fehlerfrei)
R02	Sch_R02	...
R03	Sch_R03	...
R04	Sch_R04	...
R05	Sch_R05	...
R06	Sch_R06	...
R07	Sch_R07	...
R08	Sch_R08	...
R09	Sch_R09	...
R10	Sch_R10	...
D01	Sch_D01	fehlerhafter Innendurchmesser
D02	Sch_D02	fehlerhafter Innendurchmesser
D03	Sch_D03	fehlerhafter Außendurchmesser
D04	Sch_D04	ovale Form
D05	Sch_D05	ovale Form
D06	Sch_D06	Ausbuchtung
D07	Sch_D07	Ausbuchtung
D08	Sch_D08	Rand abgeschnitten
D09	Sch_D09	Ausbuchtung
D10	Sch_D10	Rand abgeschnitten
D11	Sch_D11	Randdefekt
D12	Sch_D12	Ausbuchtung

Tabelle 1: Bildmaterial zur Fertigungskontrolle von Unterlegscheiben

1. Flächenkalibrierung

Für eine *Flächenkalibrierung* der U-Scheiben in mm^2 wurden 4 kreisrunde Metallplatten aufgenommen mit einem Durchmesser von exakt 50,9 mm. Die Bild-Files hierzu sind *Sch_V01* bis *Sch_V04*. Trennen Sie, nachdem Sie ein sinnvolles ROI gesetzt haben, mit Hilfe einer Bimodalitätsanalyse in den Bildern den Objektbereich vom Hintergrundbereich (die Wahl einer logarithmischen Skalierung (!) im Histogrammfenster ist dabei vorteilhaft).

- (a) Untersuchen Sie, ob die Wahl der Schwelle zur Objektabtrennung in den Aufnahmen kritisch ist (variieren Sie hierzu den Schwellwert um +/- 20% ; welche „Unsicherheit“ entsteht durch diese Variation ?
- (b) Bestimmen Sie die Objektgröße (in Zahl von Pixels) von allen vier Kalibrierungsscheiben und bestimmen Sie den Mittelwert und die (stichprobenunabhängige) Standardabweichung.
- (c) Eichen Sie mit Hilfe des bekannten Scheibendurchmessers (50,9 mm) die Fläche eines Pixels in mm^2 und geben Sie den Fehler der Eichkonstante an.

2. Flächenbestimmung innerhalb der Stichprobe der fehlerfreien Referenzklasse

Die Fläche der 10 fehlerfreien U-Scheiben (Referenzklasse) soll wie oben beschrieben durch eine Bimodalitätsanalyse innerhalb eines ROIs bestimmt werden. Bestimmen Sie erneut an Hand dieser Bilder die Lage der Schwelle. *Beachten Sie insbesondere die mittelgrauen Bereiche entlang der Innenöffnung der Scheiben (wie entsteht dieser Effekt und wie ist er zu behandeln ?).*

Diskutieren Sie wieder den systematischen Fehler der Flächenbestimmung, der bei einer Variation des Schwellwerts entsteht.

- (a) Bestimmen Sie mit der unter 1.c ermittelten Eichkonstante die Scheibenfläche in mm^2 und tragen Sie die Werte in einer Häufigkeitsverteilung auf (hierzu kann MS-Excel verwendet werden; vergl. Anhang).
- (b) Mittelwert („Cluster-Zentrum“ im 1-dim. Merkmalsraum) und Standardabweichung der Referenzklasse sollen anschließend bestimmt werden. Auf der Basis dieser Größen soll ein Flächenbereich definiert werden, der fehlerfreie U-Scheiben charakterisiert. U-Scheiben mit einer Fläche außerhalb dieses Bereichs (Zurückweisungsklasse) werden als fehlerhaft identifiziert.

3. Untersuchung der fehlerhaften U-Scheiben

Wie bei den fehlerfreien Scheiben wird die Fläche der beschädigten U-Scheiben D01 bis D12 analysiert.

- (a) Liegen alle defekte Scheiben in der Zurückweisungsklasse ?
Gegebenenfalls muss der Zurückweisungsbereich neu angepasst werden.
- (b) Welche der untersuchten Defekte lassen sich durch dieses einfache Verfahren nicht (oder unzulänglich) charakterisieren ?

4. Entwurf eines Programmablaufplans

Auf der Basis dieser Untersuchung soll ein *Programmablaufplan für ein vollautomatisches Prüfverfahren* aufgestellt werden. In diesem Plan sollen alle Schritte vom „Laden eines Bildes mit unbekanntem Prüfobjekt“ bis hin zur „Ausgabe des Prüfergebnisses“ dargestellt werden. Alle Schritte müssen mit definierten Parametern angegeben werden (z.B. ROI-Position, Schwelle für Bimodalitätsanalyse u.s.w.).

5. Bewertung des Prüfverfahrens

Diskutieren Sie, welche Fehler durch dieses Verfahren eindeutig erkannt werden. Geben Sie eine Liste von denkbaren Fehlern an, die sich mit der untersuchten Methode nicht detektieren lassen. Überlegen Sie, mit welchen Untersuchungsmethoden (Aufnahmetechniken, Analysetechniken) solche Fehler nachweisbar wären.

- Anhang -

Statistische Analysen und Häufigkeitsverteilungen in MS-Excel

Der *Mittelwert von Daten*, die z.B. in einer MS-Excel Tabelle im Zellbereich B6 bis B45 stehen, wird durch folgenden Eintrag berechnet:

= MITTELWERT (B6:B45)

Bem.: Generell beginnt eine MS-Excel Formel mit einem Gleichheitszeichen "=". Hier wird der Mittelwert der Zellen B6 bis B45 berechnet und automatisch in die Zelle der Tabelle eingetragen, in der die Formel steht.

EXCEL - Formeln zur statistischen Datenauswertung (Auswahl):

<u>Kenngröße:</u>	<u>EXCEL - Formel:</u>
<i>arithm. Mittel</i>	= MITTELWERT(Zell-Bereich)
<i>Medianwert</i>	= MEDIAN(Zell-Bereich)
<i>min. Wert</i>	= MIN(Zell-Bereich)
<i>max. Wert</i>	= MAX(Zell-Bereich)
<i>Spannweite</i>	= MAX(Zell-Bereich) - MIN(Zell-Bereich)
<i>Standardabweichung</i>	= STABW(Zell-Bereich)

Formel zur Bestimmung der Häufigkeitsverteilung

Für eine Häufigkeitsverteilung wird zunächst in eine beliebige Spalte die Klasseneinteilung k_1 bis k_n vorgegeben. Dann wird durch „Ziehen“ mit dem Cursor ein freier Zellbereich markiert, der eine Zelle größer ist als der Bereich der Klasseneinteilung (d.h.: $n+1$ markierte Zellen). In diesen Bereich wird eine sogenannte „Array-Formel“ eingegeben:

z.B.: = Häufigkeit(B6:B45 ; D14:D21)

Der erste Zellbereich der Funktion „Häufigkeit“ bezieht sich auf die Daten aus denen die Häufigkeitsverteilung analysiert wird. Der zweite Zellbereich ist die zu Grunde gelegte Klasseneinteilung. Diese Eingabe wird nicht, wie sonst üblich, mit der <Eingabetaste> bestätigt, sondern bei einer „Array-Formel“ durch gleichzeitiges drücken von: <Strg> + <Umschalttaste> + <Eingabetaste>. Daraufhin wird in alle markierten Zellen die „Array-Formel“:
 {= Häufigkeit(B6:B45 ; D14:D21)}
eingetragen (erkennbar an den geschweiften Klammern).

Das Ergebnis ist eine Häufigkeitsverteilung der Daten bezogen auf die gewählte Klasseneinteilung:

Zelle 1: Zahl der Daten kleiner k_1
Zelle 2: Zahl der Daten zwischen k_1 und k_2
...
Zelle n+1: Zahl der Daten größer k_n

Diese Daten können anschließend in einem Histogramm dargestellt werden.