aib - Automation durch integrierte Bildverarbeitung

- Workshop 1 -

Visuelle Druckbild- und Musterprüfung am Beispiel von mehrfarbig gemusterter, textiler Bahnenware

Dipl.-Ing. Carsten Lucht

Zentrum für Bild- und Signalverarbeitung (ZBS) e. V.

Kontakt: ZBS e.V., G-Kirchhoff-Str. 5, 98693 Ilmenau
Email: carsten.lucht@zbs-ilmenau.de
URL: http://www.zbs-ilmenau.de
Tel.: +49 3677 2010303
Fax: +49 3677 2010302

Problemstellung

Detektion und Klassifikation einer umfangreichen Fehlerpalette mit unterschiedlicher Fehlergröße und vielfältigem Erscheinungsbild:

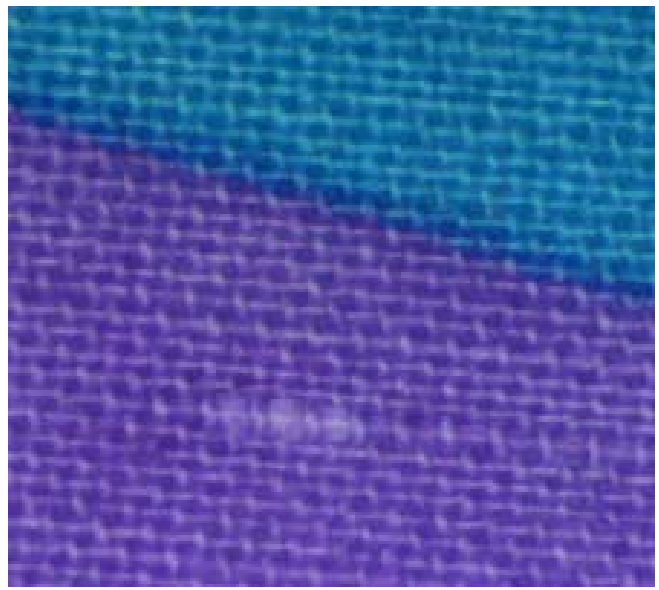
- **Inspektion von komplexen , großflächigen und meist mehrfarbigen Mustern, deren Beschreibung von statistisch bis streng determiniert variiert**
  - ➔ **Verarbeitung von örtlich weitreichender Kontextinformation erforderlich,**
- **Erfassung und Überwachung der Materialstruktur**
  - ➔ **Realisierung einer hohen Bildauflösung**
- **Kontrolle weiterer die Warenqualität bestimmender Material- und Prozessparameter z.B. unzulässiger Warenverzug, Maßhaltigkeit des Musterrapports**

Wesentliche Fehler bei mehrfarbiger, textiler Bahnenware

1.) Defekte in der Feinstruktur

- **allgemeine Fehler**
  (betrifft alle textilen Stoffe)
  z.B.: Löcher, Nester, Dickstellen,
  Flecken, Fadenbrüche, Flusen

- **material- und herstellungsspezifische Fehler**
  (betrifft spezielle Textilarten)
  z.B.: Rietstreifen (Gewebe),
  Laufmasche (Strickware)



Wesentliche Fehler bei mehrfarbiger, textiler Bahnenware

2.) Muster- und Farbfehler

- **großflächige Farbabweichungen (Farbscheinigkeit), Flecken, Farbstreifen**
  (betrifft gefärbte (unifarben) und bedruckte Stoffe)
- **Druckfehler**
  (betrifft bedruckte Stoffe)
  - **Druckrapportverschiebung**
  - **unbedruckte Stelle**
  - **Farbstreifen**
  - **verwischter Druck**

Mehrfarbige Stoffe aus verschiedenfarbigen Garnen weisen keine kostenintensiven, zusätzlichen Fehler auf.

Muster - / Fehlerbeispiele (1/6)

Druckrapportverschiebung

Gutmuster

Fehlermuster

Muster - / Fehlerbeispiele (2/6)

Deckerdessin

Gutmuster

Druckrapportverschiebung (Blitzer)

Fehlermuster

Muster - / Fehlerbeispiele (3/6)

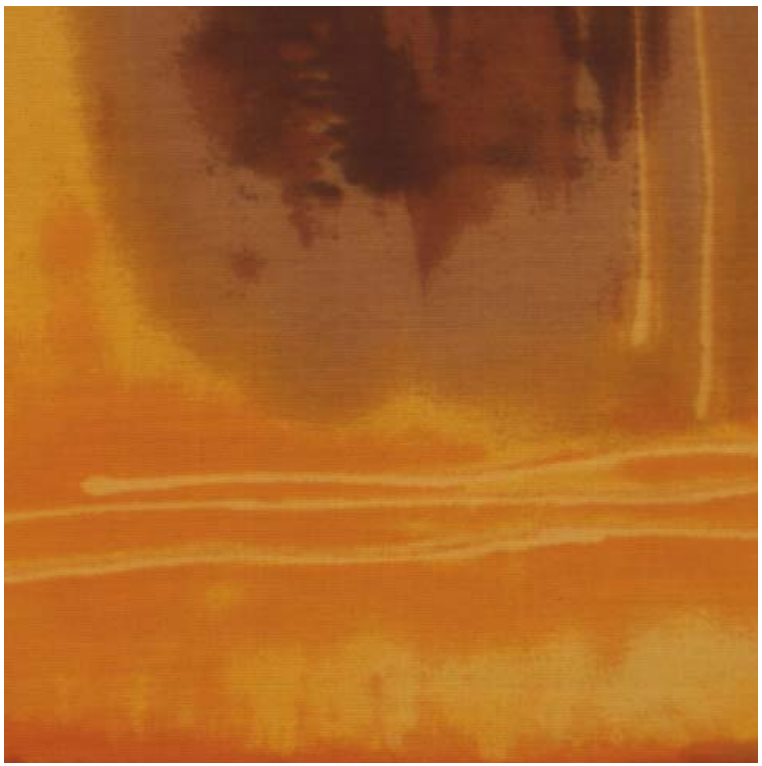
Farbabweichung (schwarze Druckfarbe)

Gutmuster

Fehlermuster

Muster - / Fehlerbeispiele (4/6)

Unbedruckte Stelle (Falte)



Gutmuster

Fehlermuster

Muster - / Fehlerbeispiele (5/6)

Farbstreifen (fehlerhafte Rakelpression)

Gutmuster

Fehlermuster

Muster - / Fehlerbeispiele (6/6)

Verwischter Druck

Gutmuster

Fehlermuster

Textildruck - Fehlergruppierung

Keine Normung ➔ Nutzung von firmeneigenen Fehlerkatalogen

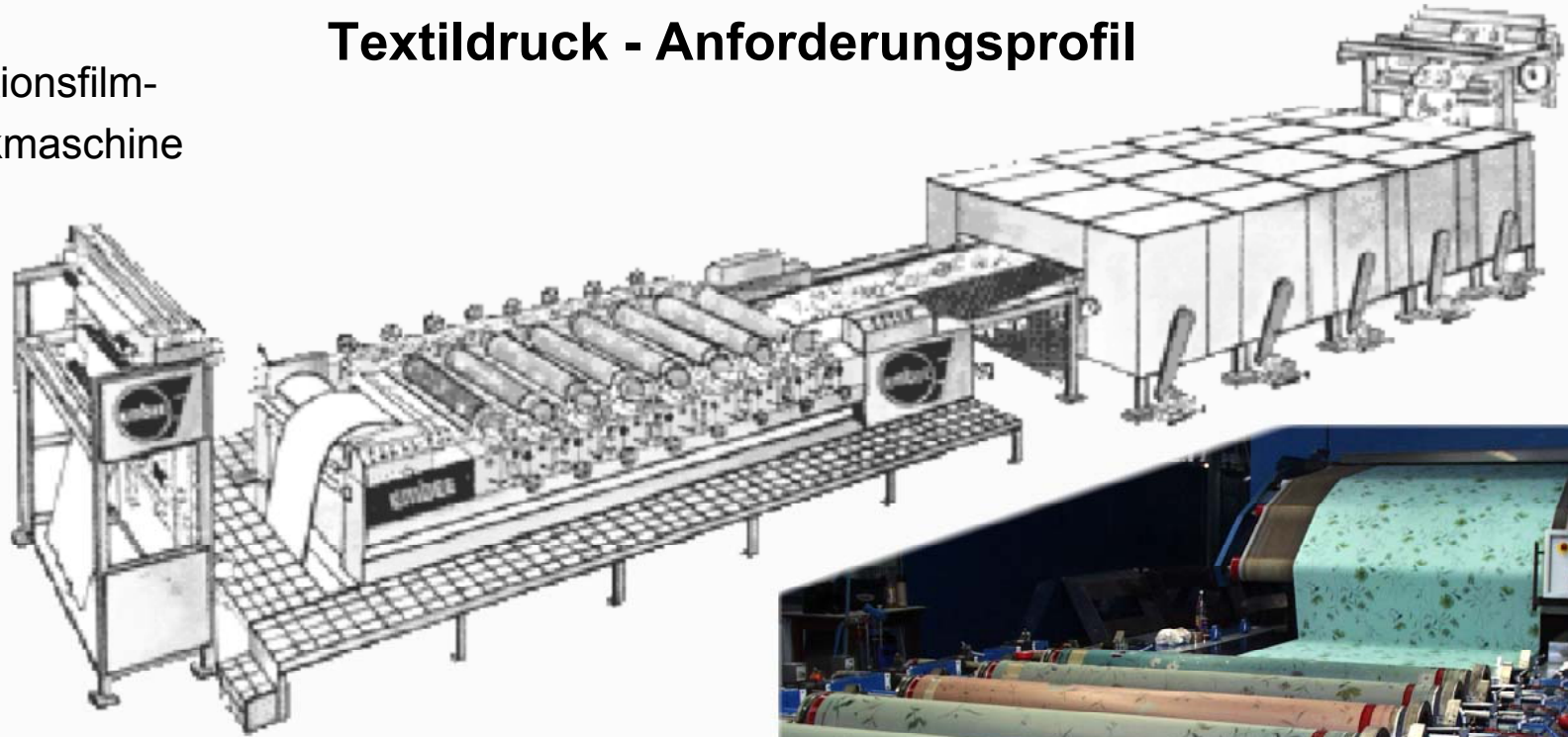
Bsp.: Modedruck Gera GmbH

Prozess	Kürzel	Bezeichnung	Kürzel	Bezeichnung
Druckerei	**DAB**	abgefleckt	**DKL**	Kleberfehler (Griff.Reserv.)
	DAE	Ätzstellen	**DNV**	Druck nicht nach Vorlage
	DAR	außer Rapport	**DSF**	Schablonenfehler
	DBA	falscher Bordürenabstand	**DSK**	Schablonenknitter
	DDS	falsche Druckseite	**DSL**	Schablonenlöcher
	DEF	eingeschleppte Farbe	**DST**	Streifen
	DFA	Farbe ausgesetzt	**DUE**	Unegalität
	DFD	Durchdruck	**DUL**	unbedruckte Leiste
	DFF	Farben verwechselt / ausgesetzt	**DWQ**	Warenquetschen
	DFQ	Druck verquetscht	**DZU**	Schablone zugesetzt
	DFS	Farbe verwechselt / ausgesetzt	**DZW**	zweifarbig

(Auszug aus dem firmeneigenen Fehlerkatalog)

Textildruck - Anforderungsprofil

Rotationsfilm-
druckmaschine



Druckverfahren: Pigmentdruck
Reaktivdruck
Ätzdruck

Textildruck - Anforderungsprofil

Inspektionsort	Druckmaschine	Warenschau
Geschwindigkeiten	18 - 55 m/min	Offline (20 - 40 m/min)
Warenbahnbreite	90 - 165 cm	
Fadendichten	20 - 50 Fäden / cm	
Druckfarben	1 - 24	
Dessin / Kolorit Material	sehr vielseitig, meist kleine Partien (häufige Wechsel)	
Min. Fehlergröße	ca. Fadenperiode (von Verwendung der Ware abhängig)	
Umrüstzeiten	ca. 60 min	
Vorteile	• Direkter Produktionseingriff möglich • Kein Warenverzug, keine Änderung der Rapportlänge	• Inspektion der Fertigware (keine Einschränkung durch spezielle Druckverfahren) • Inspektion aller Fehler möglich • Offline-Betrieb

Gerätetechnische und algorithmische Lösungsansätze

Gerätetechnik

- Welche Sensorik ist für die Datenerfassung sinnvoll ?
- Welche Beleuchtung muss hierzu ausgewählt werden ?
- Welche Anordnung ist hierbei vorzuziehen ?
- Welche Rechentechnik und Spezial-Hardware wird benötigt ?

Bildverarbeitung

- Welche Korrekturmaßnahmen (z.B. Farbe) sind nach der Bildaufnahme erforderlich ?
- Welche Algorithmen lassen sich für die Fehlerdetektion nutzen ?
- Welche Verfahren müssen fehlerspezifisch kombiniert werden (Fehlerklassifikation) ?

Anforderungen an die Kameratechnik

Beispiel:

Anforderungsprofil: ***Textildruck***

- Bahngeschwindigkeit: 30 m/min
- Bahnbreite: 1500 mm
- Fadendichte: 20 Fäden/cm
- Min. Fehlergröße: ca. Fadenperiode

➔ minimal zu realisierende Auflösung: 4 Pixel / mm

➔ Erfassung der gesamten Bahnbreite erfordert 6000 Pixel

➔ die notwendige Zeilenfrequenz beträgt 2 kHz

Forderung:

- Geschwindigkeit der Kamera (Zeilenfrequenz) $\geq$ 2 kHz
- gleichzeitige Realisierung einer großen Pixelanzahl (hohe Pixelfrequenz)

Beispielrealisierung: kaskadierte Anordnung von drei schnellen Farbzeilenkameras mit jeweils 2048 Pixel über der gesamten Bahnbreite

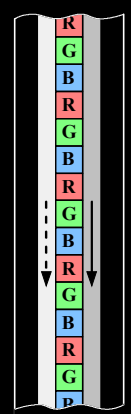
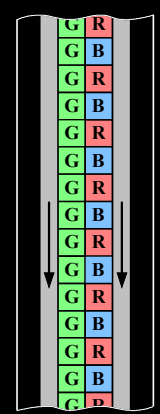
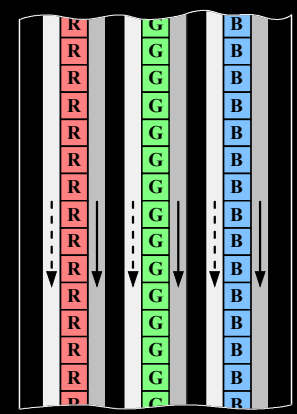
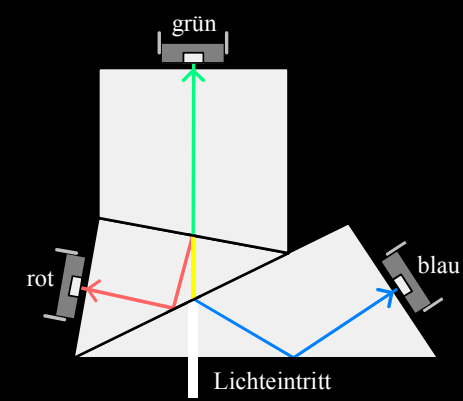
Auswahl der Kameratechnik

Stand der Technik bei Farbzeilenkameras

- Verschiedene Sensorbauformen verfügbar
- Zeilen mit bis zu 6000 Pixel gebräuchlich (3CCD: 2048 Pixel)
- Zeilenfrequenzen bis ca. 14 kHz (bei 2048 Pixel)
- Moderne digitale Schnittstellen bis 12 bit Auflösung
- Vielfältige Synchronisationsmodi (Anpassung an die Warengeschwindigkeit) sowie Parametrieroptionen

➔ Anforderungen können durch den derzeitige Technikstand erfüllt werden

➔ beste Eignung besitzen 3-CCD-Kameras (aber kostenintensiv)

	1-Zeile-Sensor	2-Zeilen-Sensor	3-Zeilen-Sensor	3-Chip-Anordnung
Bauform				
Geschwindigkeit	–	(–)	+	++
Pixelanzahl	–	(+)	++	+
Synchronisation / Farbalignment	+	+	–	++
Empfindlichkeit / Farbfilterung	+	+	+	(+)
Preis	+	+	+	–

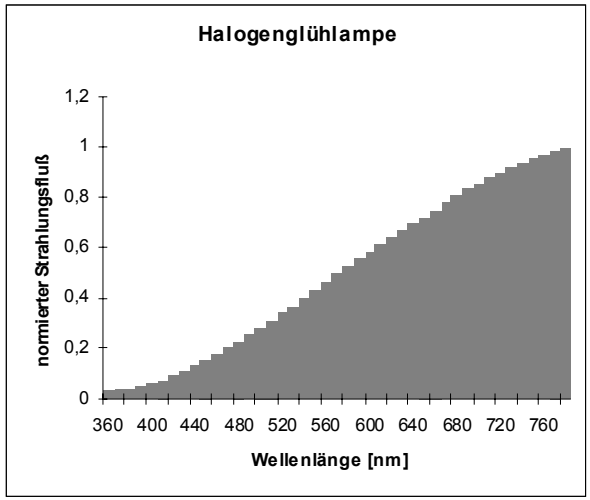
Kriterien für die Auswahl der Lichtquelle

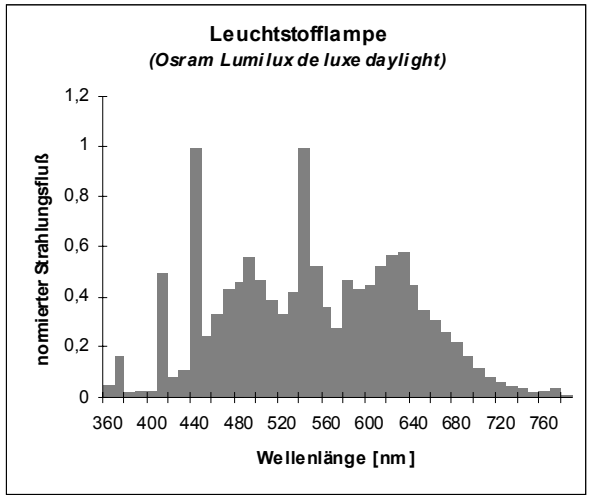
Eigenschaften der optimalen Lichtquelle:

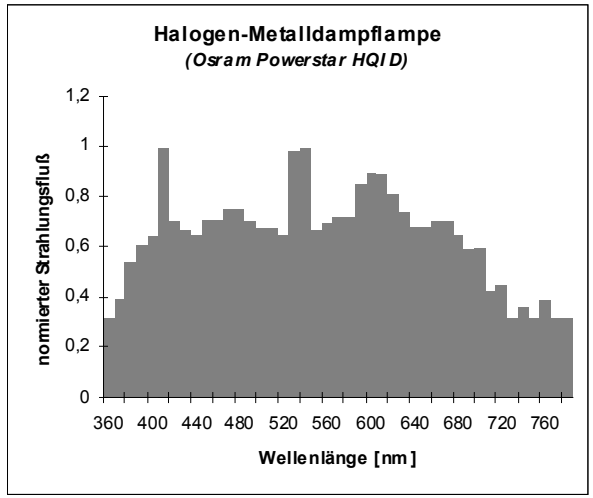
- hohe Farbtemperatur (> 5000 K)
- kontinuierliches Spektrum mit geringem IR- und UV-Anteil (gute Farbwiedergabe)
- hoher Nutzlichtstrom und hohe Leuchtdichte
- gute Kurz- und Langzeitstabilität der Beleuchtung
- homogene Linienausleuchtung
- gute Integrierbarkeit in Beleuchtungseinrichtungen (Brennstellung, UV/IR-Strahlungsschutz, Explosionsschutz)
- hohe Lebensdauer und Robustheit gegen Umwelteinflüsse
- niedriger Anschaffungspreis und geringe Betriebskosten

Kriterium	Halogen-glühlampe	Leucht-stofflampe	Halogen-Metall-dampflampe	Xenon-Kurz-bogenlampe	LED (weiß)
hohe Farbtemperatur (5000…6500 K)	– (< 3400 K)	– / ✓	– / ✓	✓	– / ✓
kontinuierliches Spektrum (gute Farbwiedergabe)	✓	– / ✓	– / ✓	✓	– / ✓
hoher Lichtstrom	– / ✓	– / ✓	✓	✓	– / ✓
hohe Leuchtdichte	– / ✓	–	✓	✓	– / ✓
hohe Lichtausbeute (geringer IR- und UV-Anteil)	– (IR-Anteil)	✓	✓	– (IR/UV-Anteil)	✓
gute Stabilität in Betriebsart :	✓ G, HF, R	✓ HF	✓ R, (HF)	✓ G	✓ G
einfache Integrierung in Beleuchtungssysteme	– / ✓	✓	– / ✓	–	✓
hohe Lebensdauer	– / ✓	✓	– / ✓	– / ✓	✓
geringer Preis	✓	✓	– / ✓	–	✓

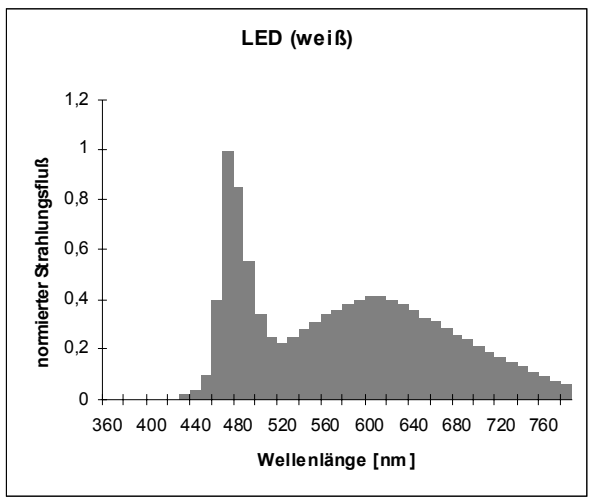
(✓ : erfüllt, – : nicht erfüllt, – / ✓ : bedingt bzw. nur bei einigen Typen erfüllt)

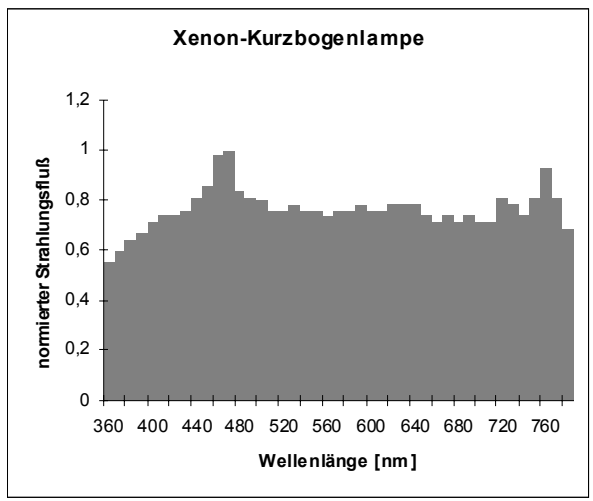






Charakteristische Spektren (360 – 780 nm) für Halogenglühlampe, Leuchtstofflampe, Halogen-Metalldampflampe, LED(weiß), Xenon-Kurzbogenlampe



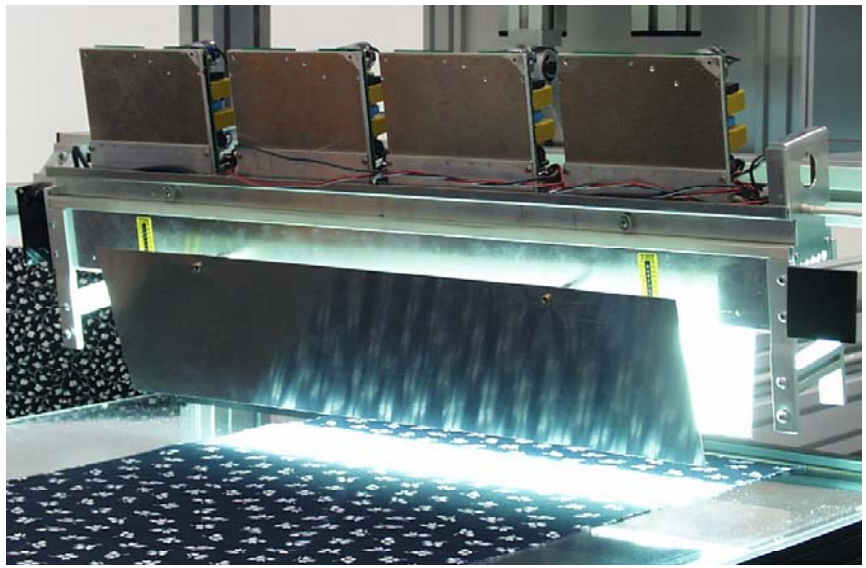


Auswahl des Beleuchtungssystem

➔ In der Summe der Auswahlkriterien ist der Einsatz von Halogen-Metalldampflampen zu favorisieren

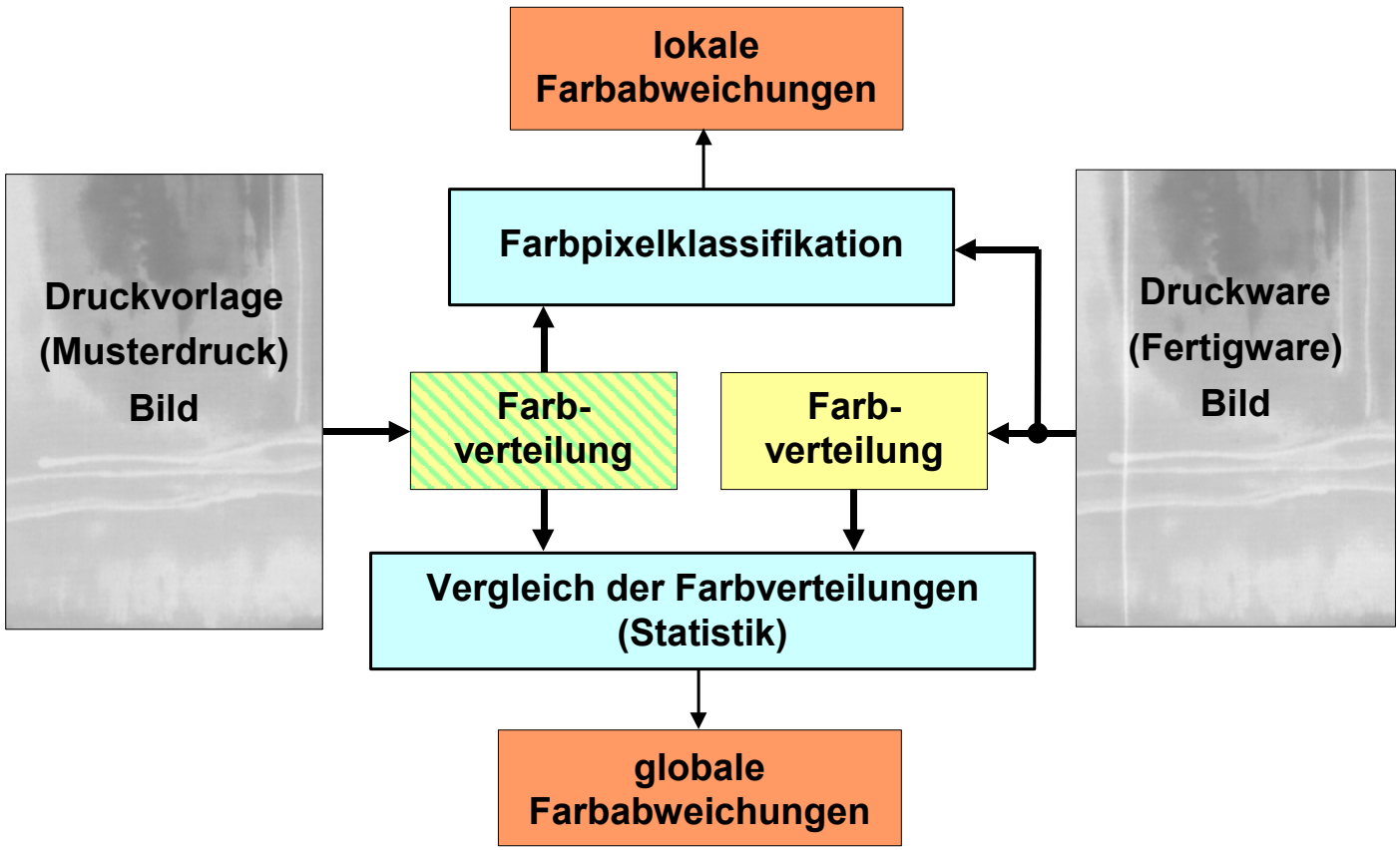
Geeignete Leuchten:

- Linienstrahler auf Basis von Halogen-Metalldampflampen (HQI .../D)
- Kaltlichtquellen und Lichtleitfaserbündel mit linienförmiger Querschnittswandlung auf Basis von:
  - leistungsstarke Xenon-Kurzbogen-Lampen
  - leistungsstarke Halogenlampen (Tageslichtfilter)
  - Halogen-Metalldampflampen (HQI)

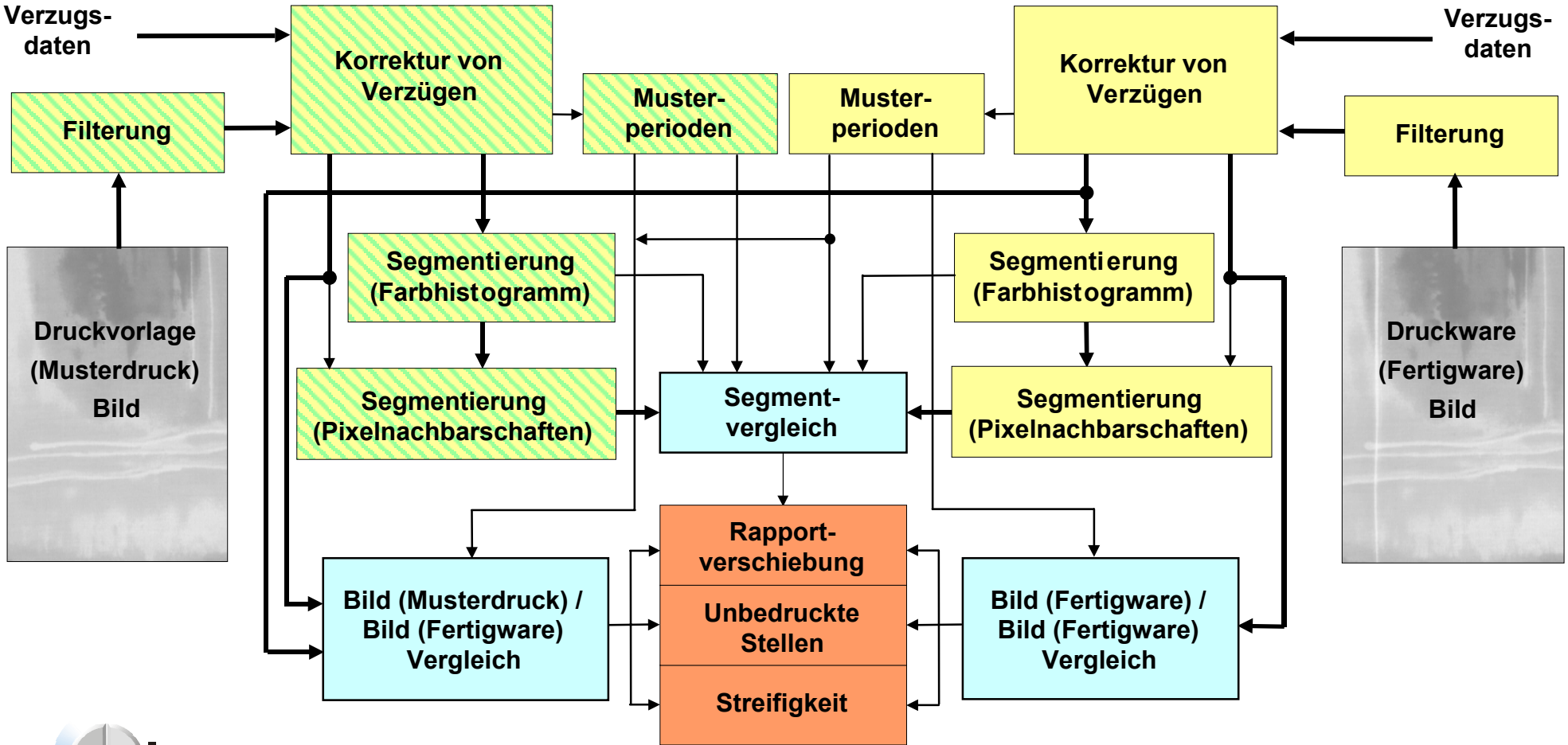


Prototyp eines Linienstrahlers (IPK) mit vier 150 W HQI-Lampen + EVG (geöffnetes Gehäuse)

Algorithmische Ansätze zur Fehlerdetektion (1/2)



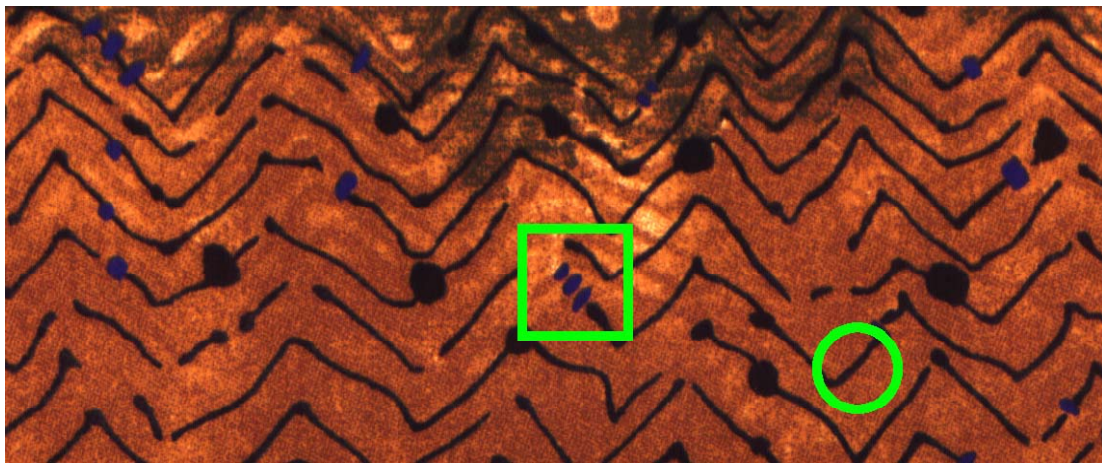
Algorithmische Ansätze zur Fehlerdetektion (2/2)

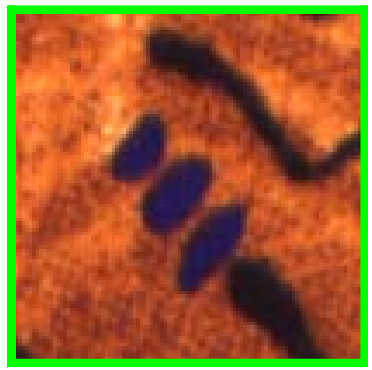


Fehlerbeispiel „ Blitzer“ (Druckrapportverschiebung)

Mustervorlagen

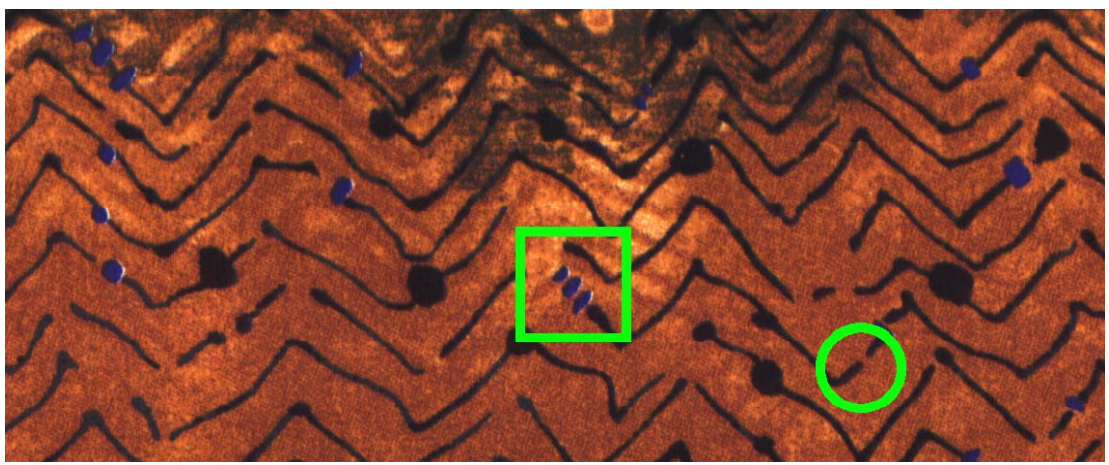
Gutmuster

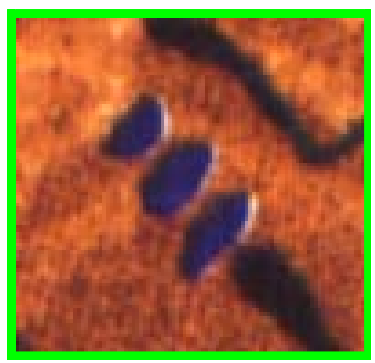




Ausschnitt

Fehlerhafter Druck

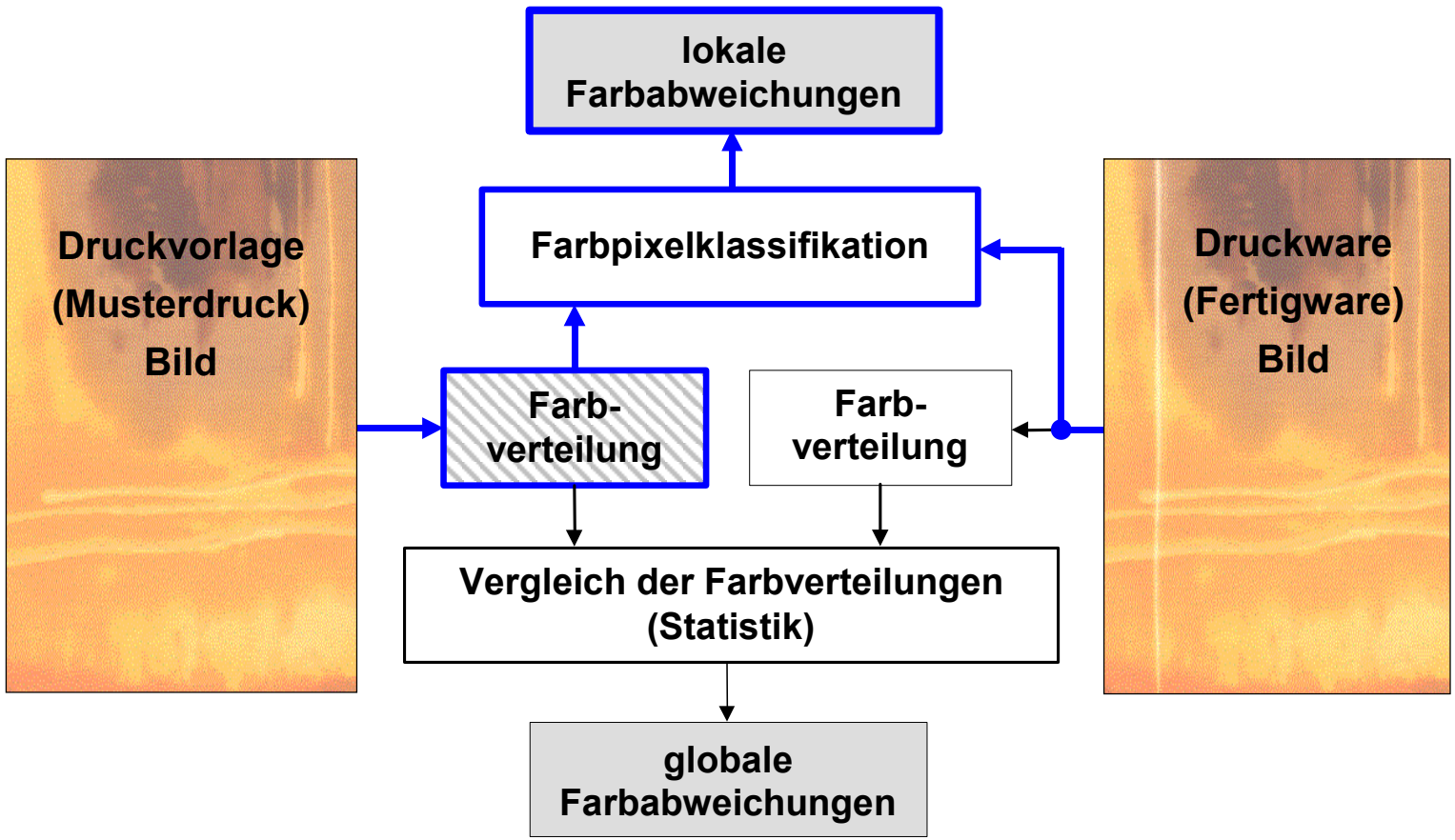




Ausschnitt

Ausgewählte Fehlerdetektionsverfahren (1 / 2)

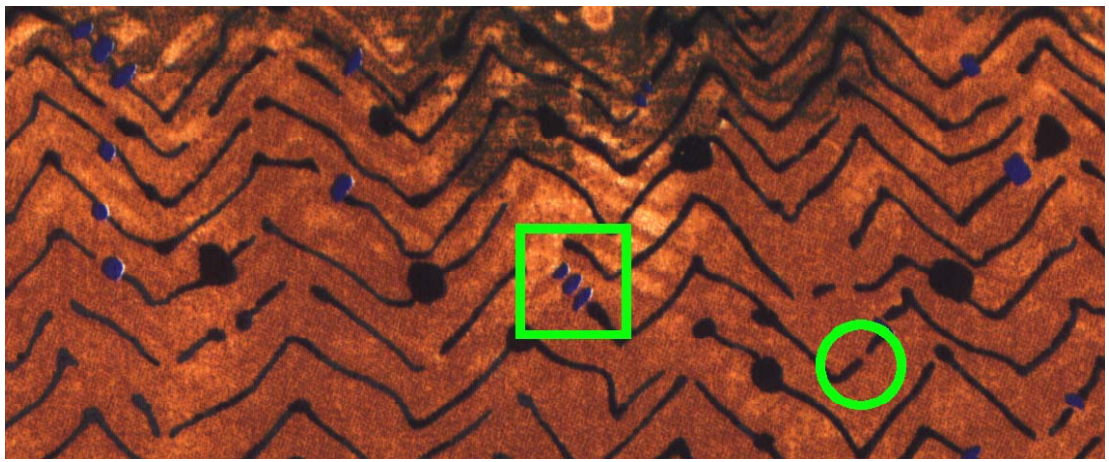
Farbpixelklassifikation

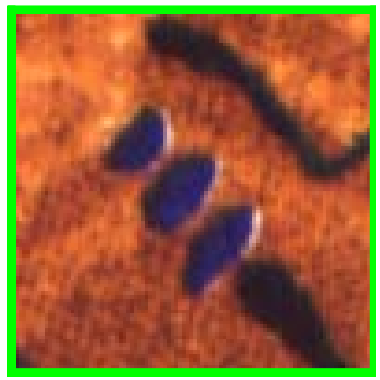


Fehlerbeispiel „ Blitzer“ (Druckrapportverschiebung)

Anwendung: Farbpixelklassifikation (FPK)

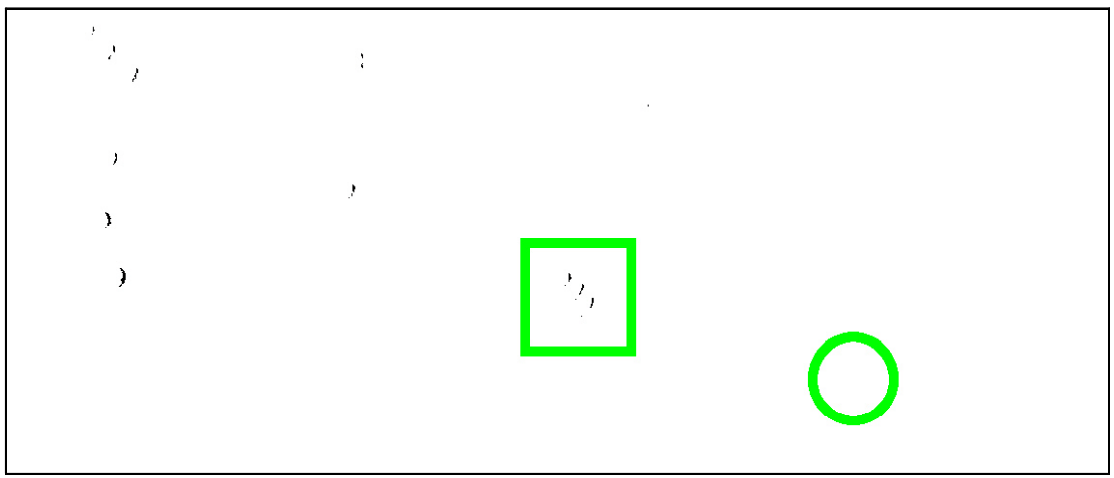
Fehlerhafter Druck

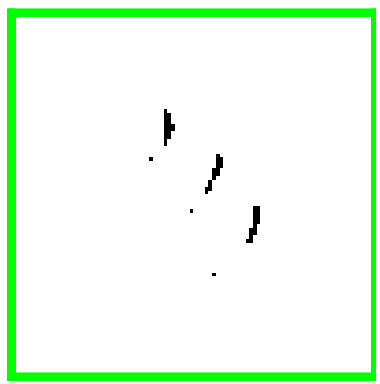




Ausschnitt

Binäres Fehlerbild

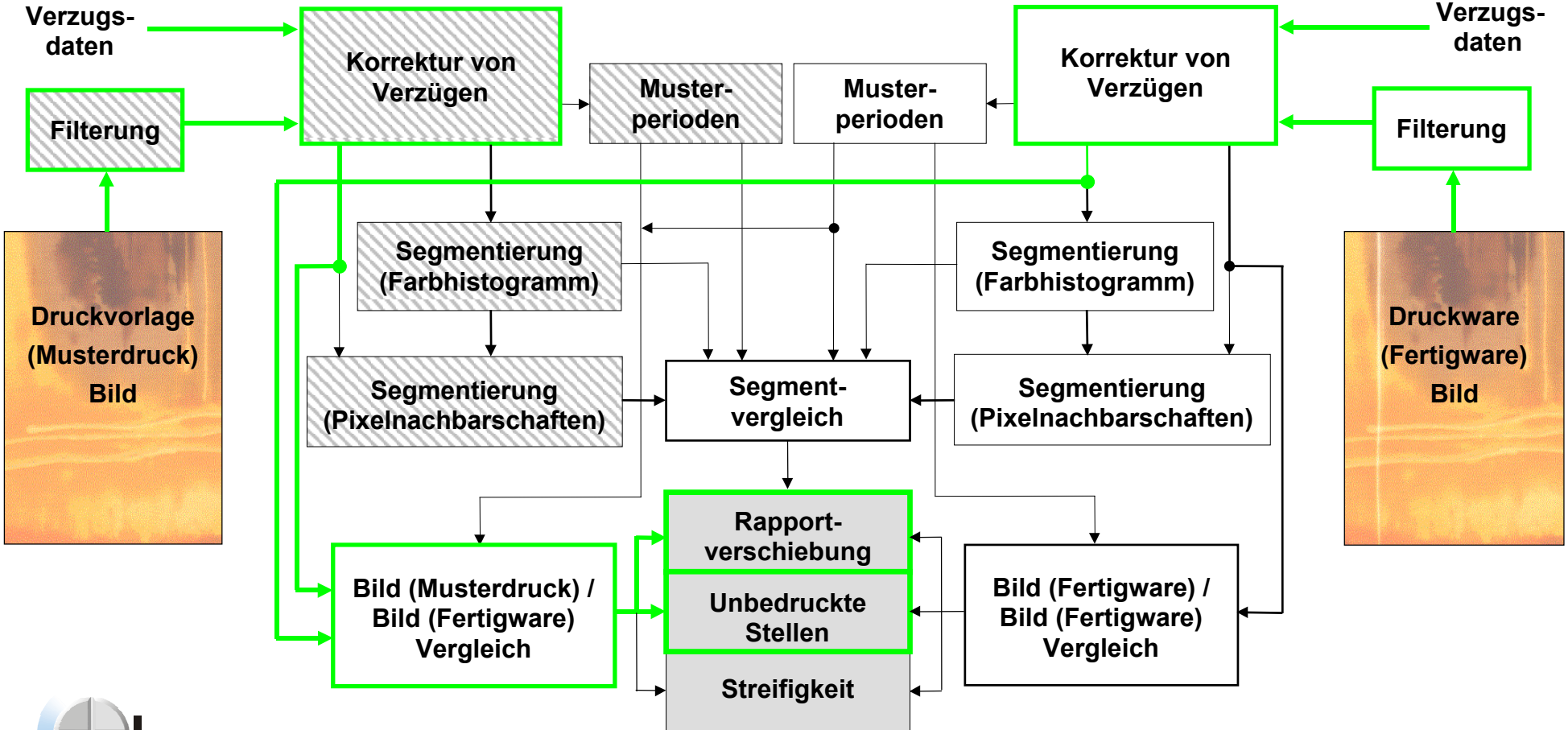




Ausschnitt

Ausgewählte Fehlerdetektionsverfahren (1 / 2)

Ortsunscharfer Bild-Bild-Vergleich



Beispiel zur Verzugskorrektur (mit Thin-Plate-Spline)

Muster **ohne** Verzug

Muster **mit** Verzug

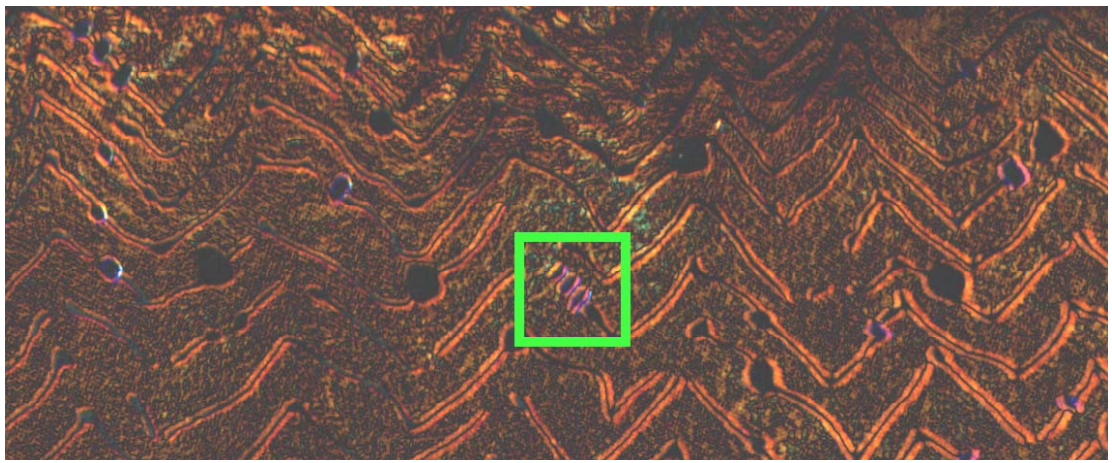
Differenzbild **ohne** Verzugskorrektur

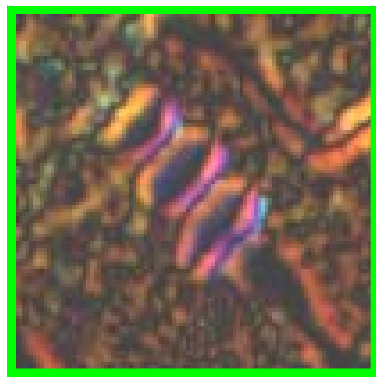
Differenzbild **mit** Verzugskorrektur (Thin-Plate-Spline)

Fehlerbeispiel „ Blitzer“ (Druckrapportverschiebung)

Verzugskorrektur mit Thin-Plate-Splines

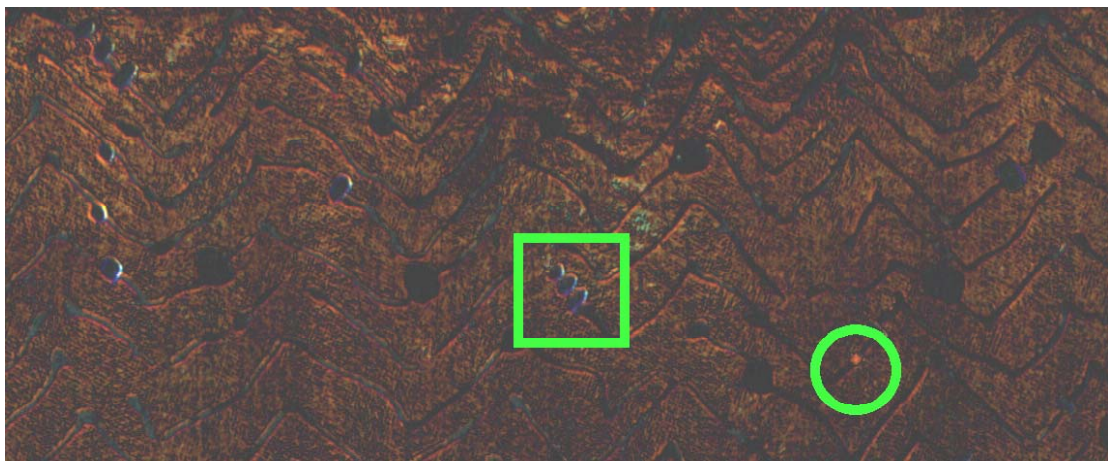
Differenzbild **ohne** Verzugs-korrektur





Ausschnitt

Differenzbild **mit** Verzugs-korrektur

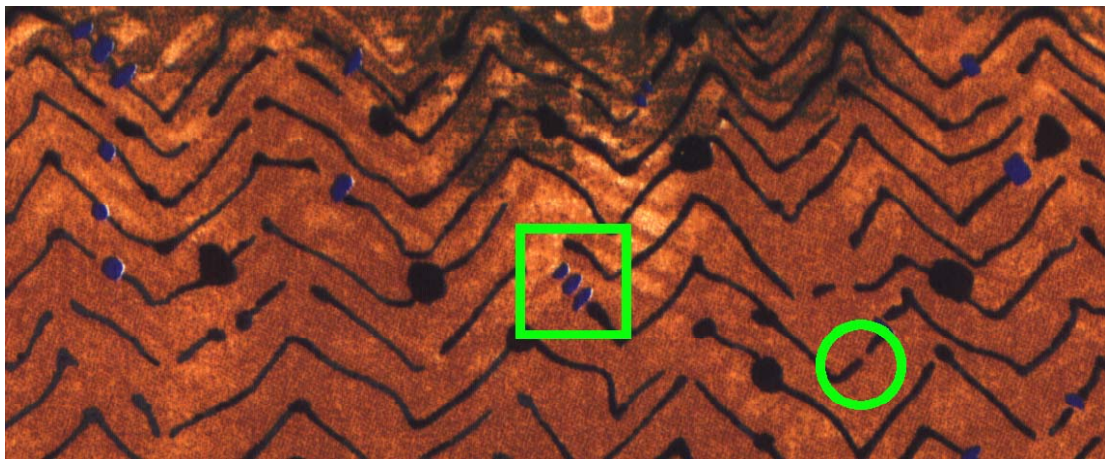


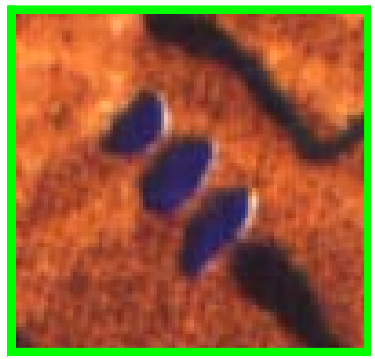
Ausschnitt

Fehlerbeispiel „ Blitzer“ (Druckrapportverschiebung)

Anwendung: Ortsunscharfer Bild-Bild-Vergleich (BBV)

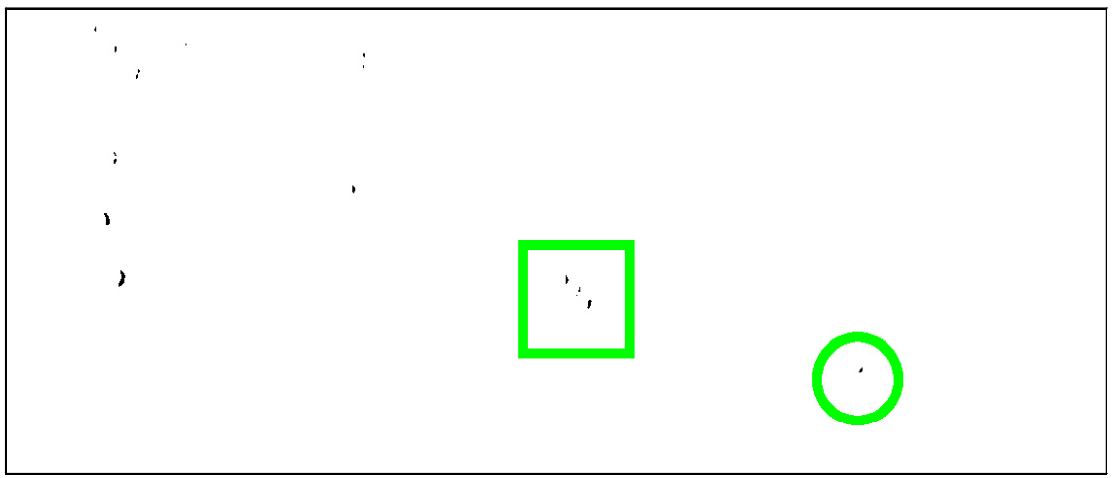
Fehlerhafter Druck

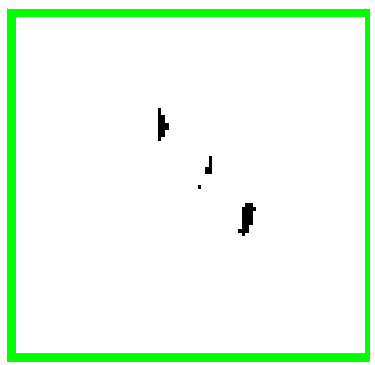




Ausschnitt

Binäres Fehlerbild



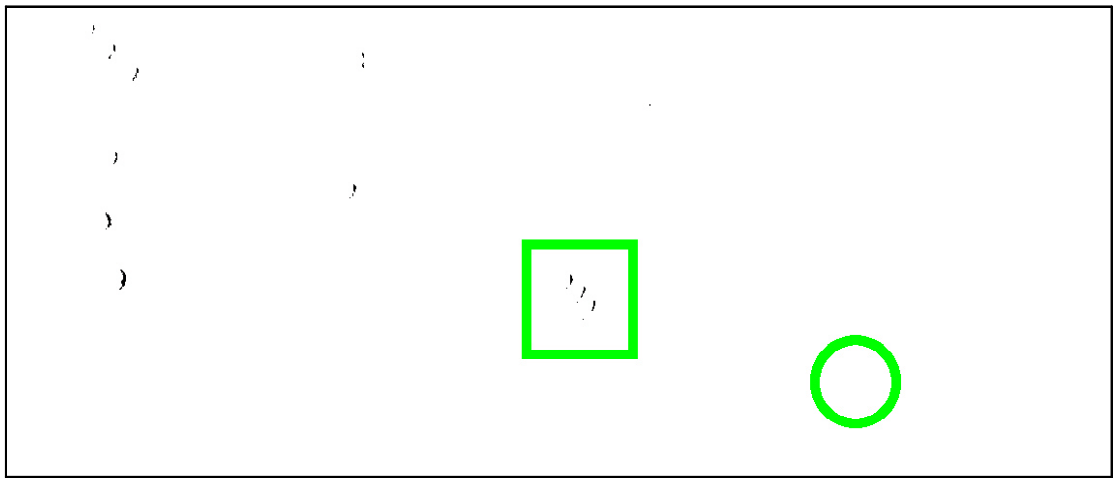


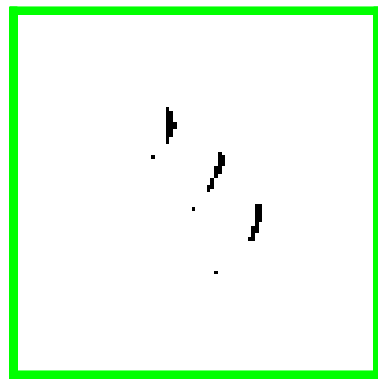
Ausschnitt

Fehlerbeispiel „ Blitzer“ (Druckrapportverschiebung)

Vergleich der Fehlerdetektionsergebnisse

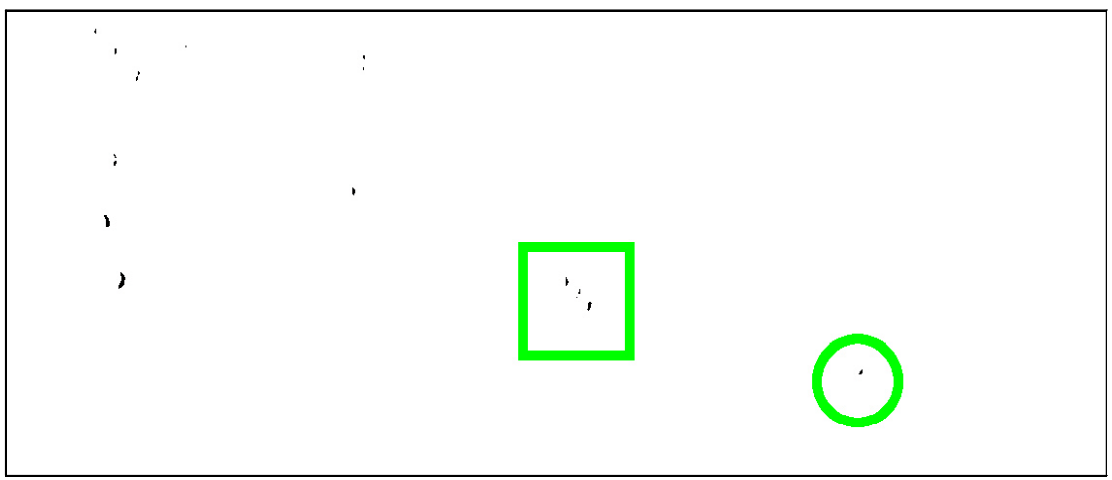
Binäres Fehlerbild **FPK**

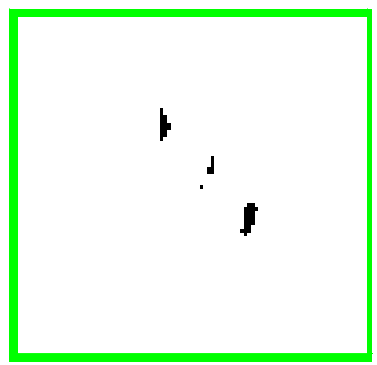




Ausschnitt

Binäres Fehlerbild **BBV**





Ausschnitt

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.