

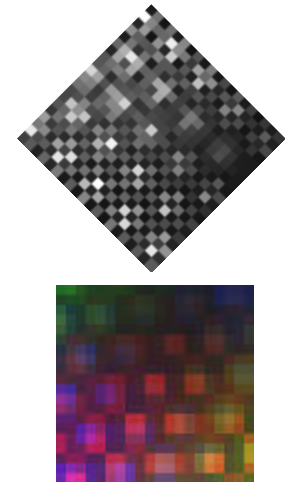
Modellierung eines CCD-Bildsensors zur Evaluierung von Algorithmen zur Bildaufbereitung in der Farbendoskopie

13. Workshop Farbbildverarbeitung, 2007

Christian Winter, Helena Schilinski, Thorsten Zerfaß

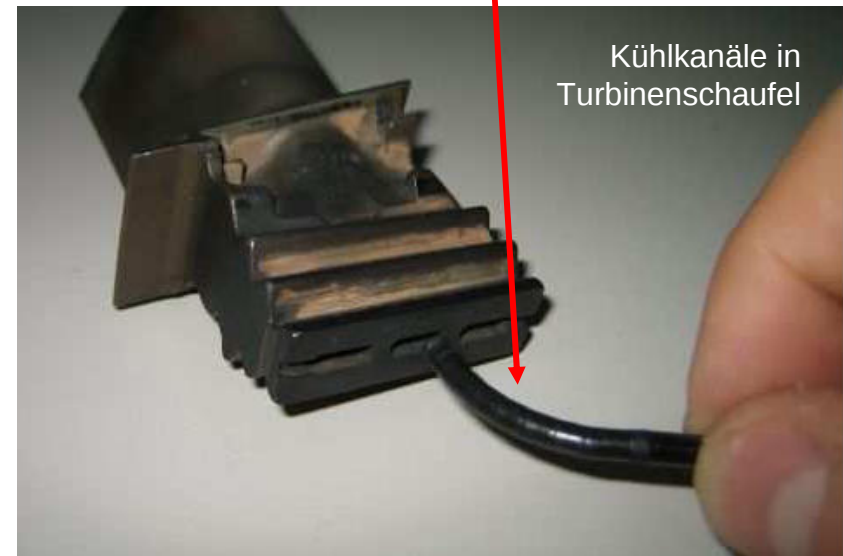
Überblick

- Motivation, Grundlagen
- Methode
- Anwendung
- Zusammenfassung, Ausblick

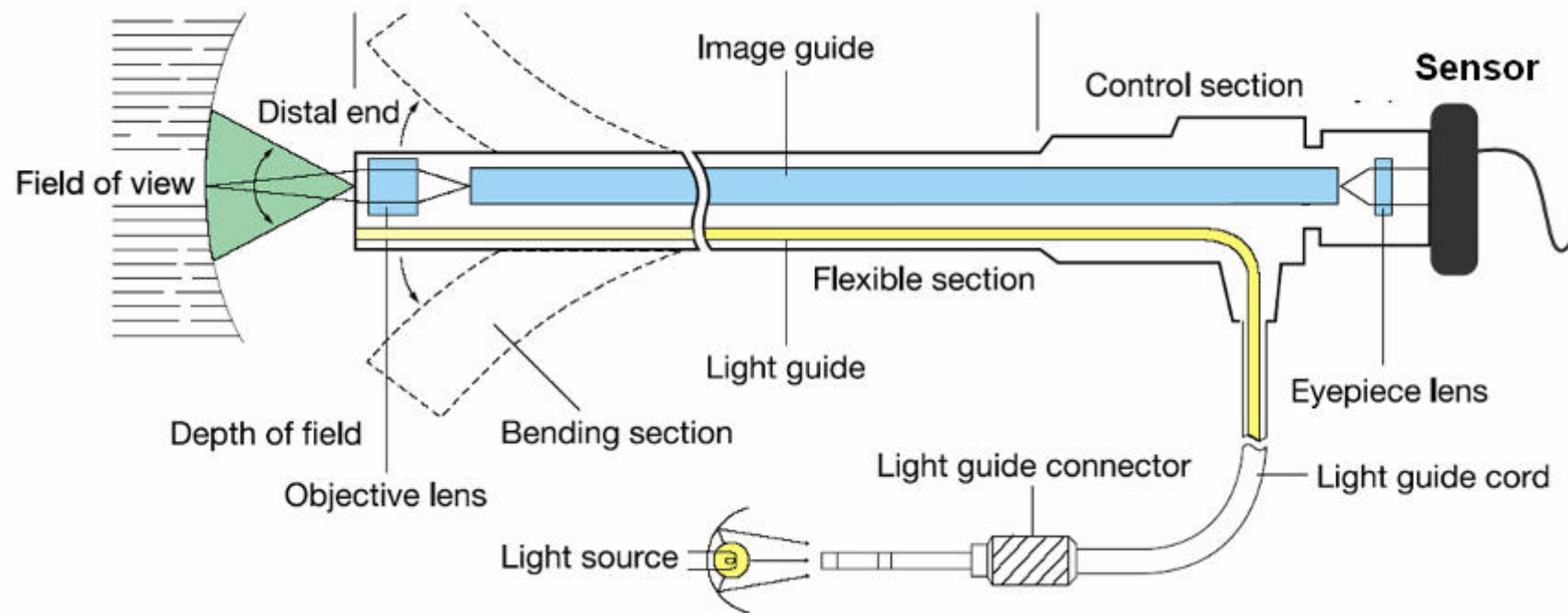


Motivation: Endoskopie

- Inspektion von Hohlräumen
 - Wartung, Überwachung
 - Führung von Vorrichtungen
- Diagnose / Therapie
 - Minimalinvasive Chirurgie
 - Spiegelungen
- Bedeutung der Farbe

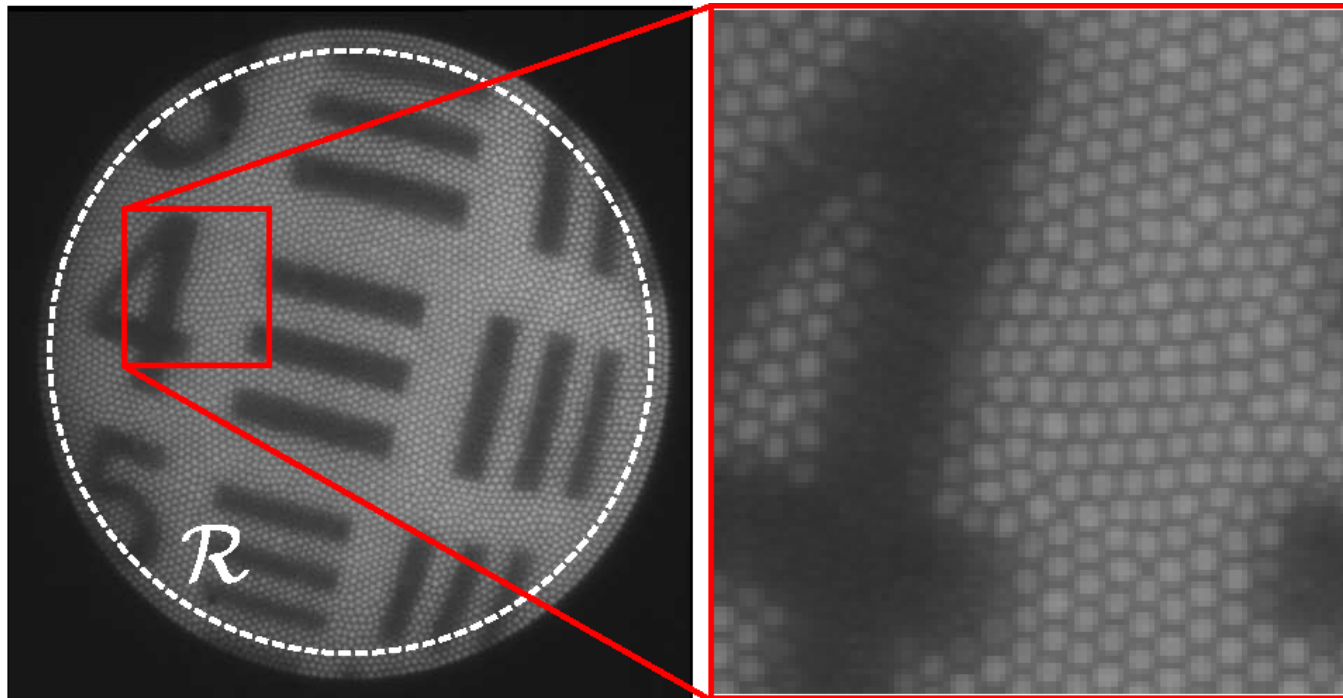


Grundlagen: Digitale Faserendoskopie



- Faseroptische Abbildung der Szene
- Digitalisierung mittels CCD-Sensor

Grundlagen: Faserbündel

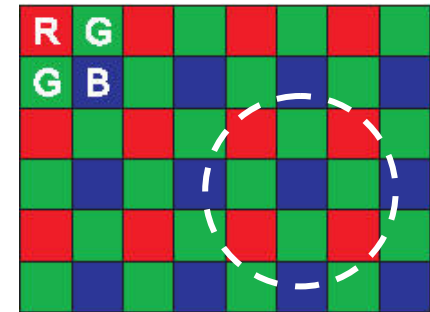


Apertur

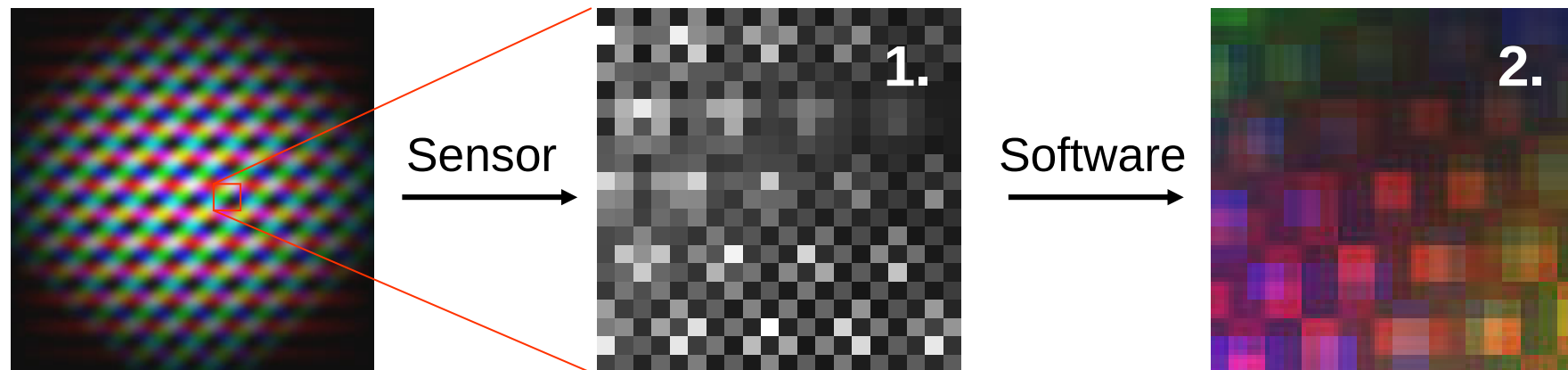
Rasterstruktur

Grundlagen: Farbbildsensor

1. Abtastung des Bilds durch Farbfilterfeld
=> Farbcodiertes Intensitätsbild
2. Rekonstruktion der Farbanteile
aus benachbarten Zellen

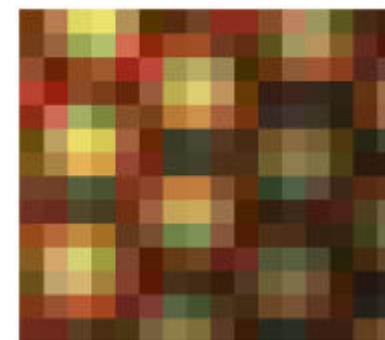
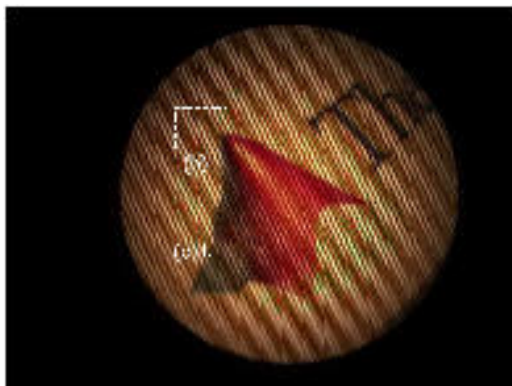


Problem: Faserstruktur



Grundlagen: Farbartefakte

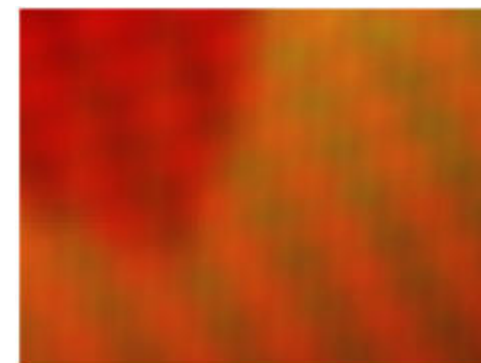
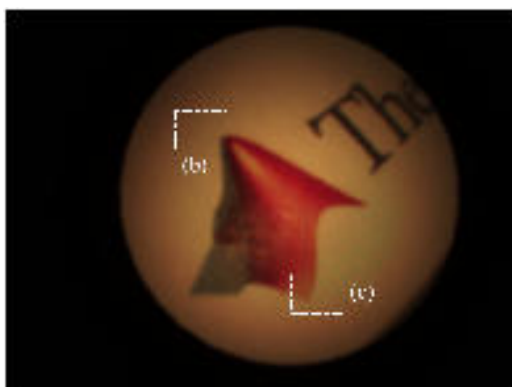
Original



(b)

(c)

Gefiltert



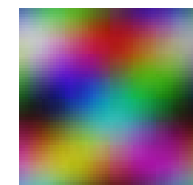
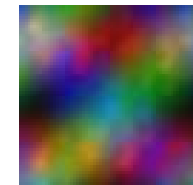
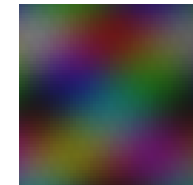
(b)

(c)

Motivation: Bildverarbeitung

Diverse Ansätze zur Entfernung des Wabenmusters

- **Filterung / Weichzeichnen**
des rekonstruierten Farbbilds
- **RGB-Restaurierung**
des rekonstruierten Farbbilds
- **Roh-Interpolation**
auf Basis des farbcodierten Intensitätsbilds



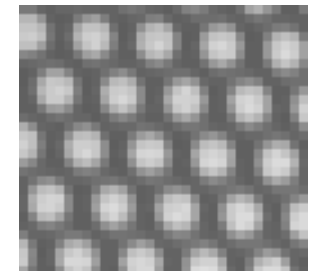
Motivation: Abbildungsmodell

- Bedarf nach Gütekriterien und quantitativer Beurteilung
- Schwierig: Grundwahrheit für aufbereitete Bilder

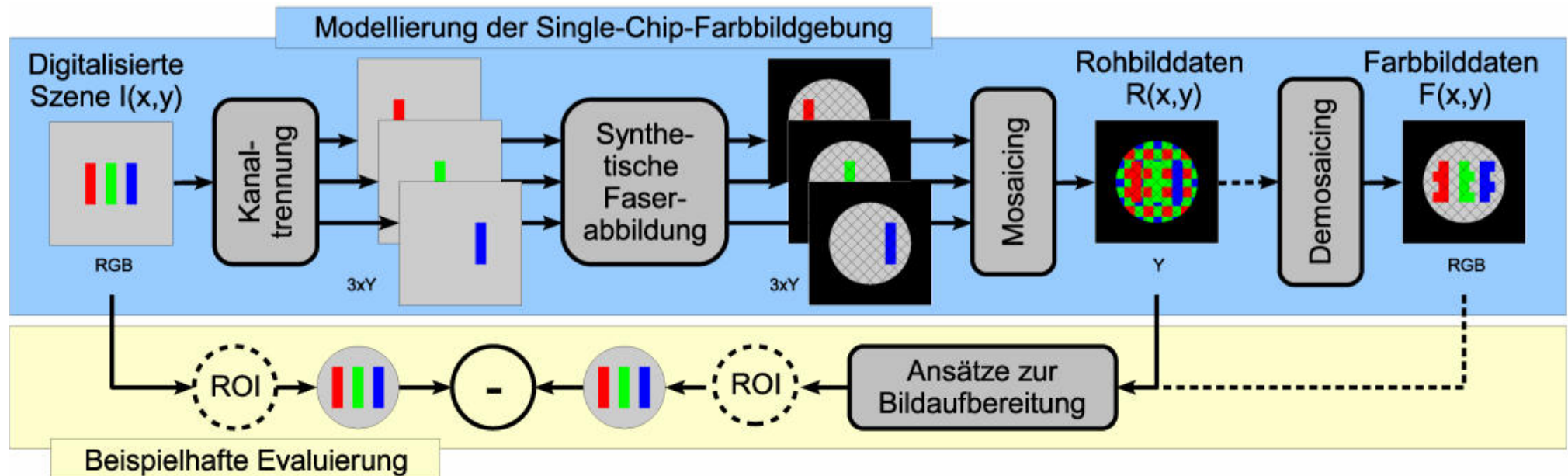
=> Modellierung des Abbildungsprozesses

Stand der Technik:

- Farbsensoren mit Zugriff auf „Rohdaten“
- Synthetische Generierung der Faserstruktur im Intensitätskanal
- Ansätze zur (Farb-)Bildaufbereitung

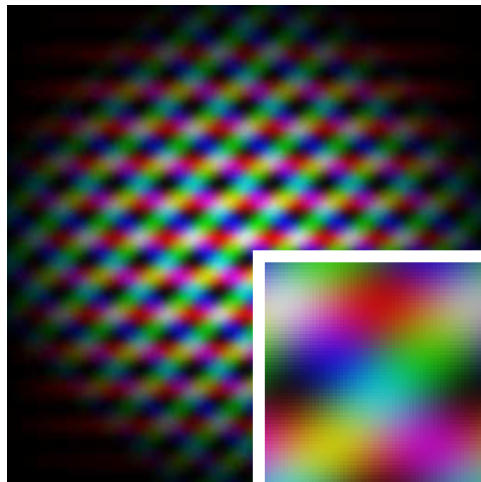


Methode: Abbildungsmodell (Überblick)

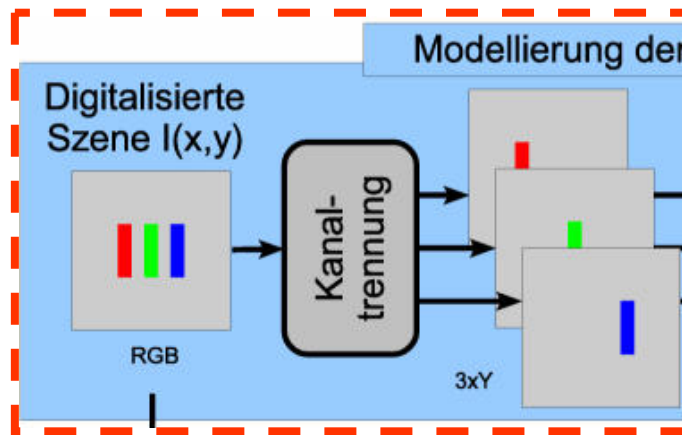


→ Grundwahrheit für Differenz- und Ähnlichkeitsmaße

Methode: Kanaltrennung

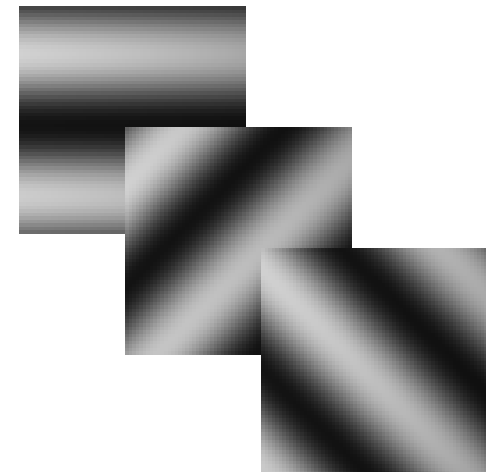


512x512, Frequenz: 40 Pixel / Periode

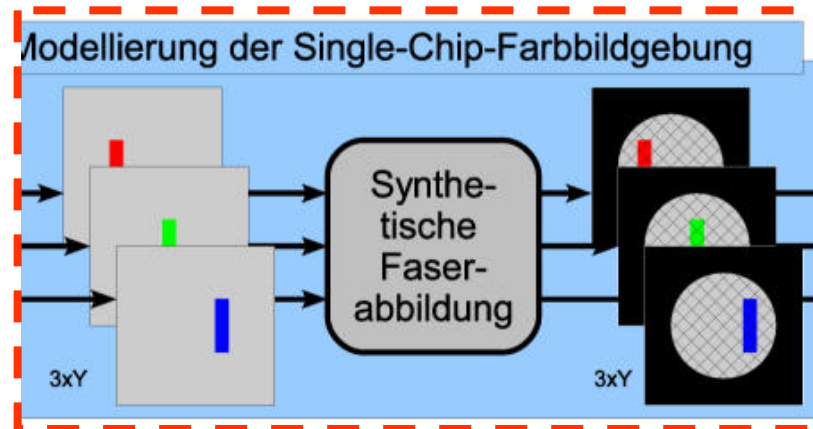
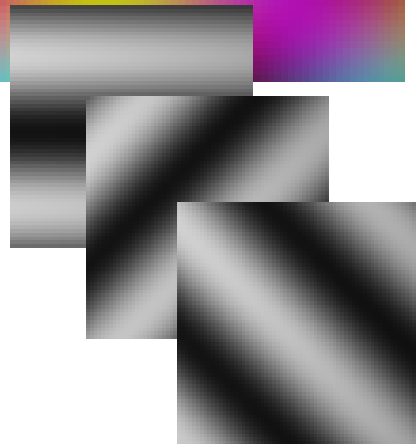
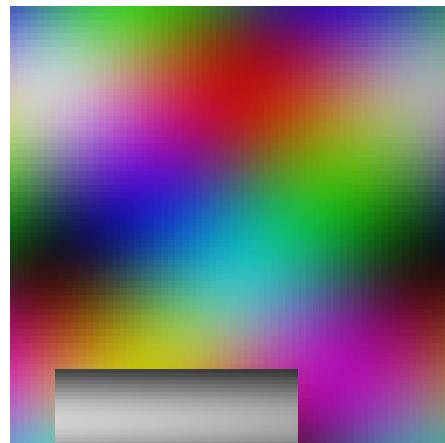


Szene: Sinusförmiger Farbverlauf für RGB

- Abtastung
- Farbstrukturen
- Richtungsartefakte

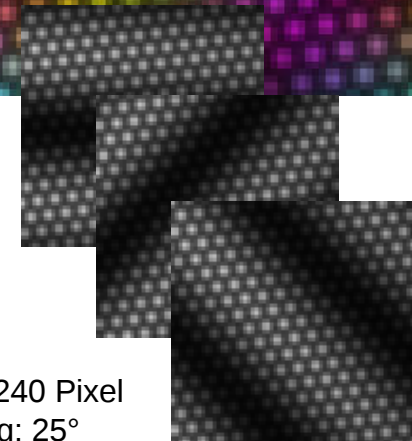
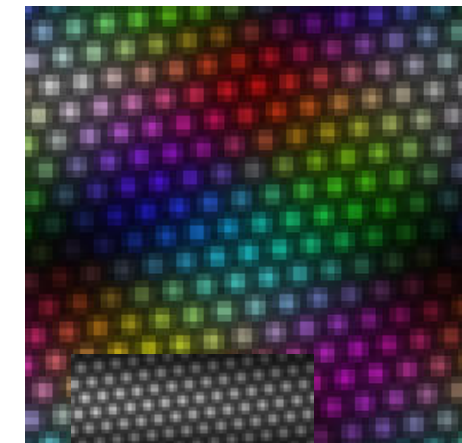


Methode: Faserabbildung



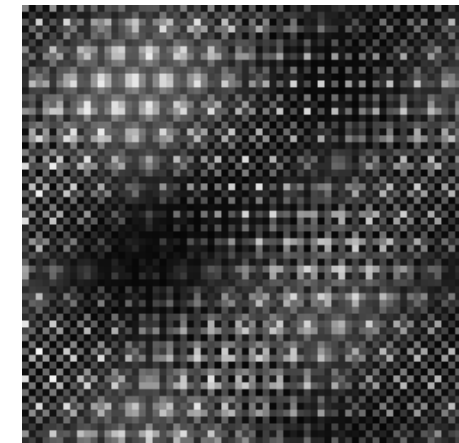
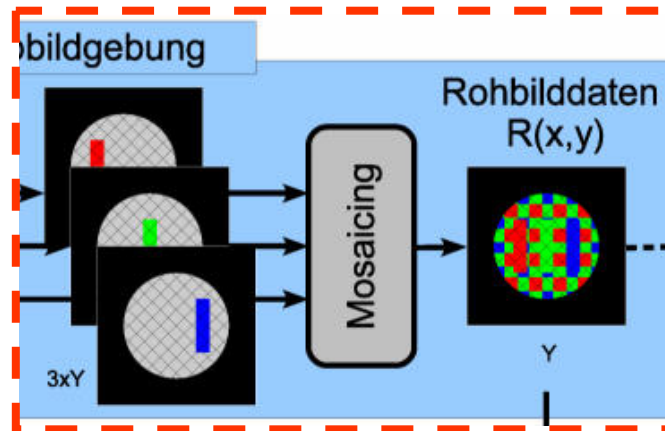
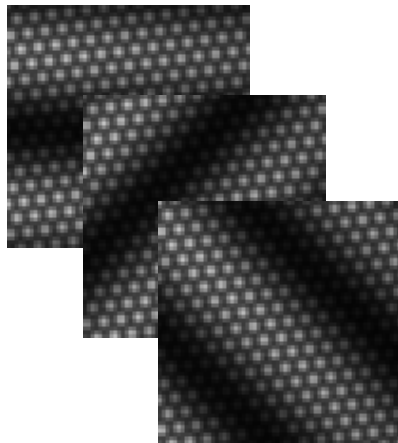
Abtastung

- Parameter eines typischen Fiberskops
- Rotation



10.000 Fasern
Aperturradius: 240 Pixel
Vorzugsrichtung: 25°

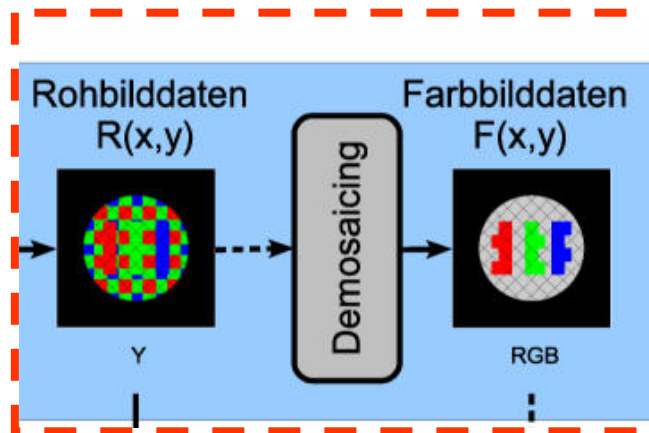
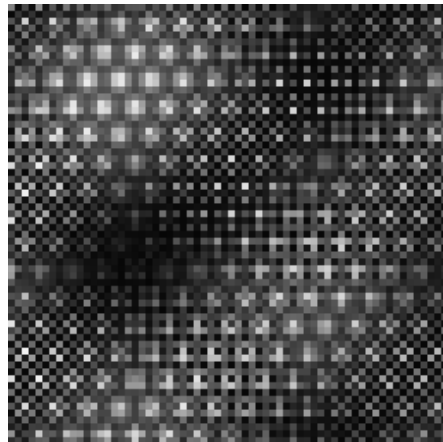
Methode: Mosaicing



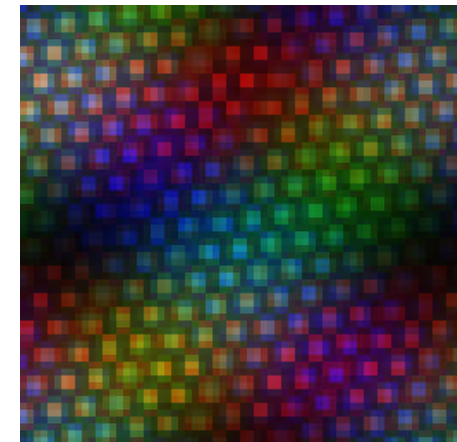
Abtastung durch Farbfilterfeld

- Typisch: RGGB
- Farbcodiertes Intensitätsbild
- Nutzung für „Roh-Interpolation“

Methode: Demosaicing



- Konvertierung in RGB-Farbbild
 - Verschiedene Ansätze
 - Datenbasis für herkömmliche Farbalgorithmen
 - Verluste in R/B gegenüber G



Methode: Diskussion

Vorzüge

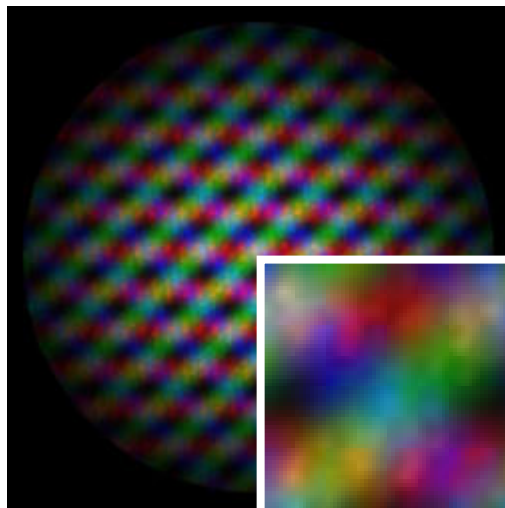
- Vergleich von farbcodierten Intensitätsdaten mit Farbbild
- Evaluierung von Demosaicing-Methoden
- Simulation verschiedener Farbfilterfelder
- Grundwahrheit, statt Bildregistrierung

Einschränkungen

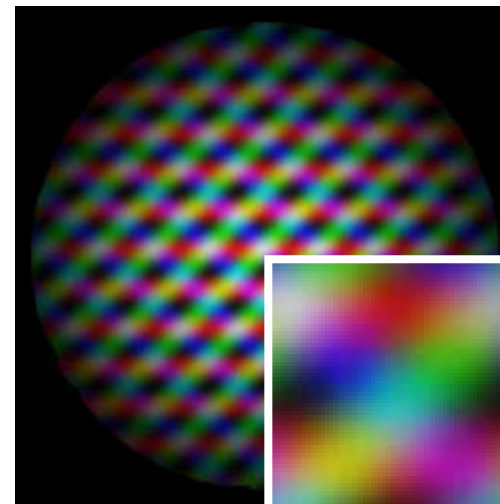
- Chromatische Aberration
- Weißabgleich notwendig
- Auflösung des Bildsensors

Anwendung: Bildaufbereitung

- Vergleich von zwei Ansätzen auf unterschiedlicher Datenbasis



RGB-Restaurierung
(Farbbild)



Roh-Interpolation
(„Rohdaten“)

Anwendung: Vergleichsmaße

- Klassische Differenz

$$\text{RMSE}(\hat{R}, I) = \sqrt{\frac{1}{W \cdot H} \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} \|\hat{R}(x, y) - I(x, y)\|^2}$$

- Relative Differenz

In Bezug zum Spitzenwert

$$\text{PSNR}(\hat{R}, I) = 20 \log \frac{\hat{R}_{\max}}{\text{RMSE}(\hat{R}, I)}$$

- Strukturelle Ähnlichkeit

Besser an menschliche
Wahrnehmung angepasst

$$\text{MSSIM}(\hat{R}, I) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \frac{(2\mu_I \mu_{\hat{R}} + C_1)(2\sigma_{I, \hat{R}} + C_2)}{(\mu_I^2 + \mu_{\hat{R}}^2 + C_1)(\sigma_I^2 + \sigma_{\hat{R}}^2 + C_2)}$$

Anwendung: Auswertung und Diskussion

Maß	RGB-Restaurierung	Roh-Interpolation
RMSE	R 25,7	R 7,04
	G 25,0	G 8,83
	B 25,4	B 3,99
PSNR	18,7 dB	30,4 dB
MSSIM	R 86,5%	R 97,8%
	G 91,1%	G 96,9%
	B 86,9%	B 99,5%

- Bestätigung der subjektiven Wahrnehmung
- Beliebige Verfahren vergleichbar
- Vergleich auf Referenzbildern als Standard etablieren

Zusammenfassung

- Modellierung des Abbildungsprozesses
Digit. Szene → faseropt. Bildleiter → Einchip-Kamera
- Zugriff auf Grundwahrheit => Quant. Evaluierung
- Neu: Bereitstellung von „Rohdaten“

Ausblick

- Auflösungstiefe und opt. Effekte berücksichtigen
- Referenzdaten zur Beurteilung von Algorithmen