

Fokusserien-basierte Rekonstruktion von Mikroobjekten

Jan Wedekind

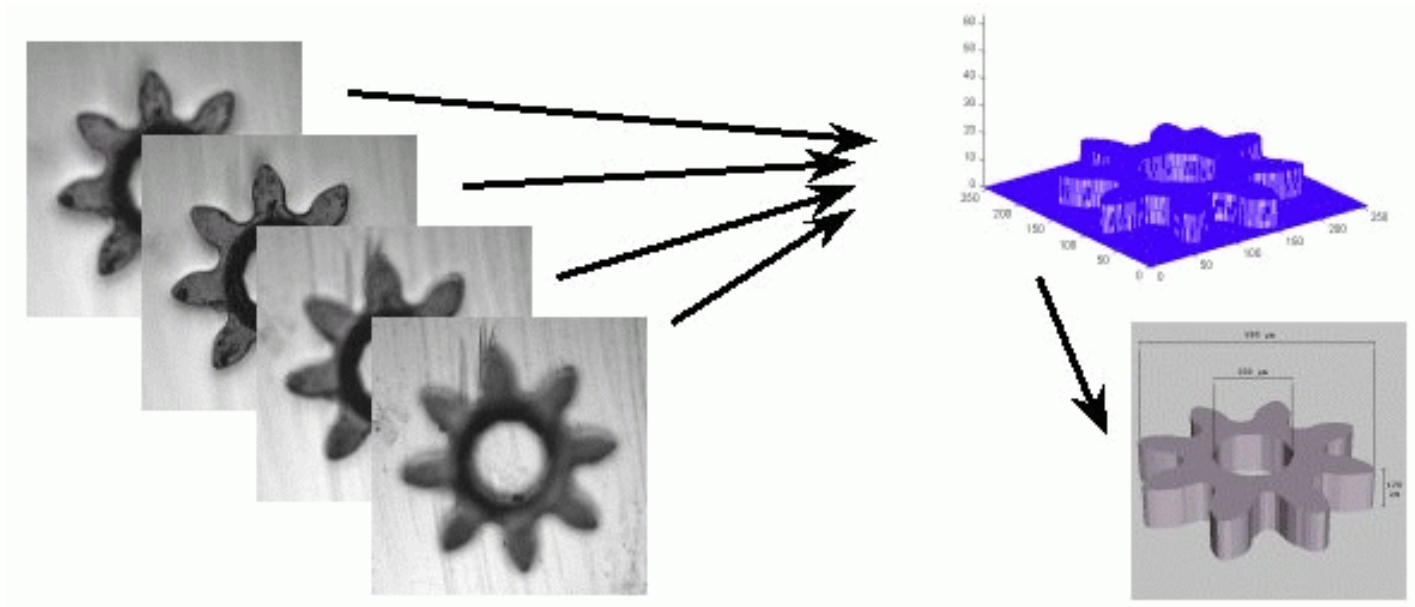
16.5.2002

Betreuer: Axel Bürkle

Referent: Prof. Heinz Wörn



Motivation



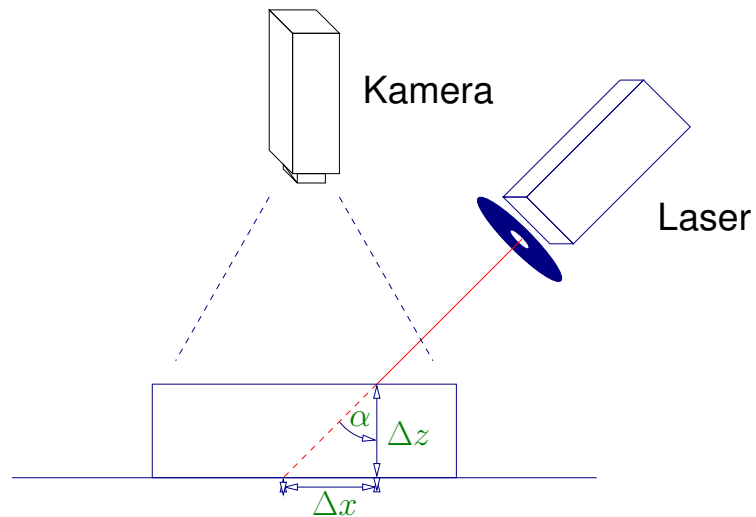
aus Fokusserie rekonstruieren:

- Oberfläche (Höhenkarte)
- Bild erweiterter Schärfentiefe

Anwendung

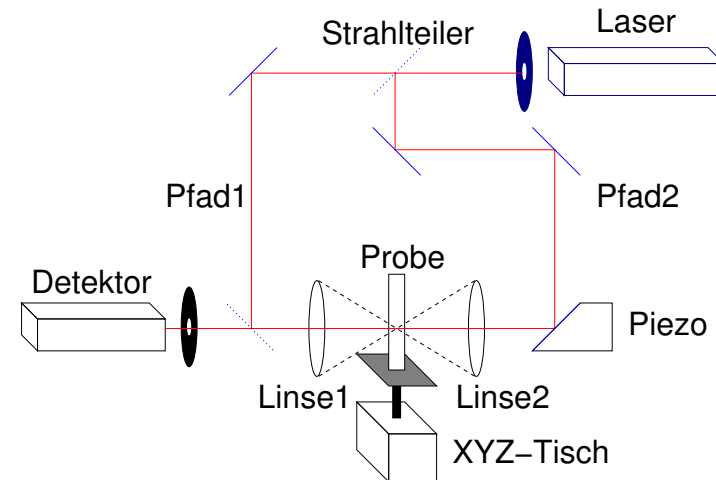
- 3-D Modelle
- Bilderkennung

Verwandte Techniken



Lasertriangulation

- Vorteil: schnell, stabil
- Grenze: Linienbreite, Schärfentiefe

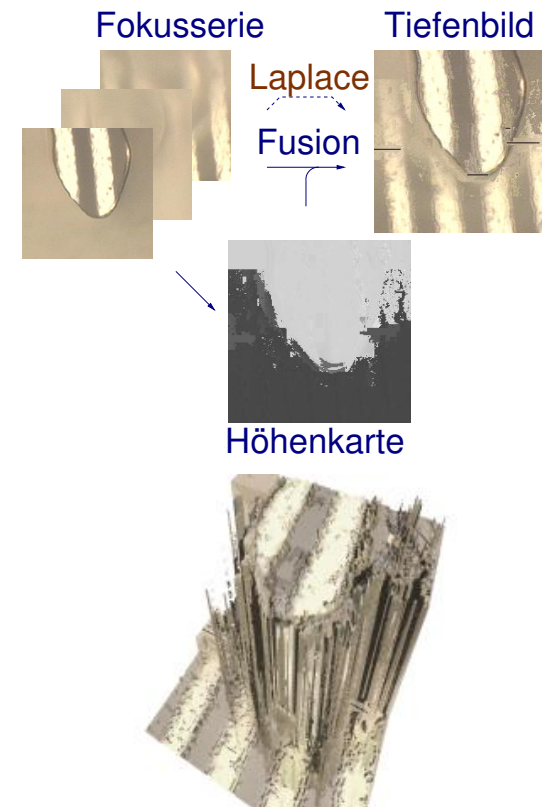


Kontokales Laserscanningmikroskop

- hohe Auflösung, 3-D
- teuer

Stand der Technik

- Höhenkarte $d(x, y)$ aus
 - Maximierung eines Schärfemaßes
 - * Gradientenbetrag
 - * lokale Grauwertvarianz
 - * Wavelet, 2. Ableitung
 - Vergleich der Unschärfe
- Bild erweiterter Schärfentiefe
 - $v(x, y) = g_{d(x, y)}(x, y)$



Meßaufbau

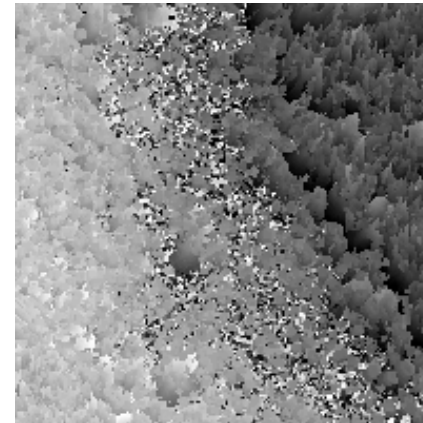
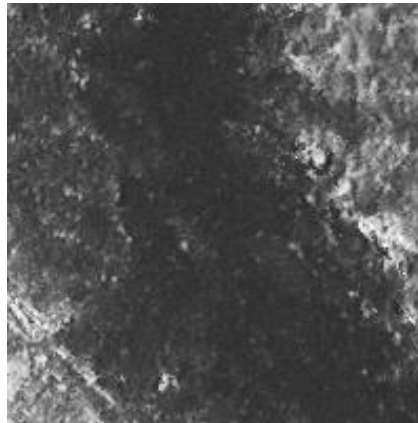
- Leica DM RXA Mikroskop
 - 2 Kanal Beleuchtung mit Filtereinsatz
 - Motorisierter Z-Tisch (Schrittweite $0.1\ \mu\text{m}$)
- Dual Pentium III mit 1GHz Prozessoren
- 768×576 CCD-Kamera 8-Bit
⇒ Auflösung bis zu $0.74\ \mu\text{m}/\text{Pixel}$



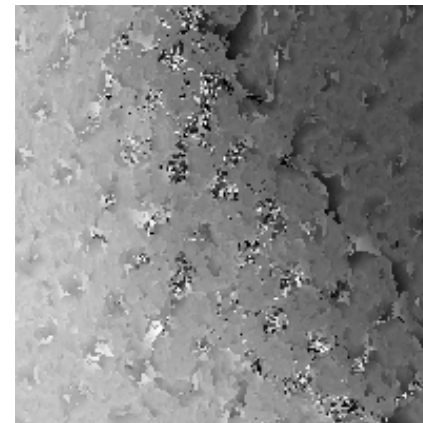
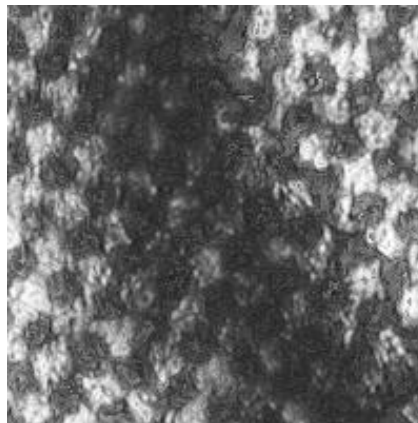
Projektion von Hilfsmustern



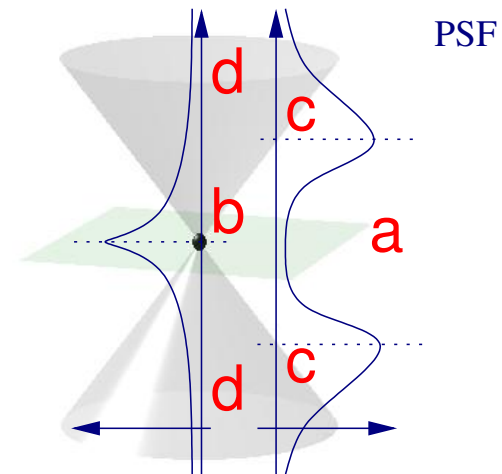
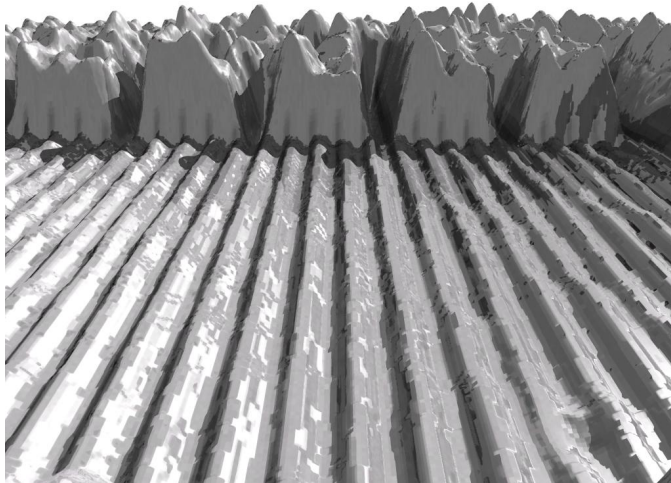
Ohne Verwendung von
Hilfsmuster



Mit
projiziertem $13\ \mu\text{m}$ -
Schachbrettmuster



Systematischer Fehler

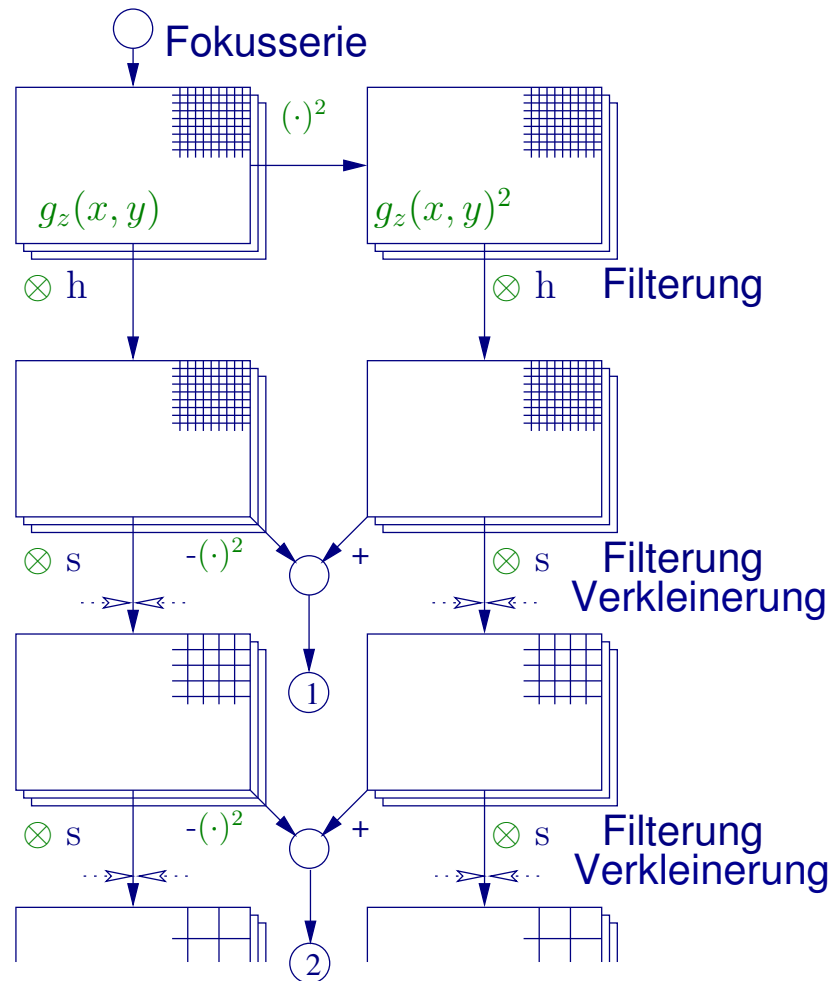


Erklärung

- $\text{Kontrast}(b) > \text{Kontrast}(d)$
- $\text{Kontrast}(a) < \text{Kontrast}(c)$



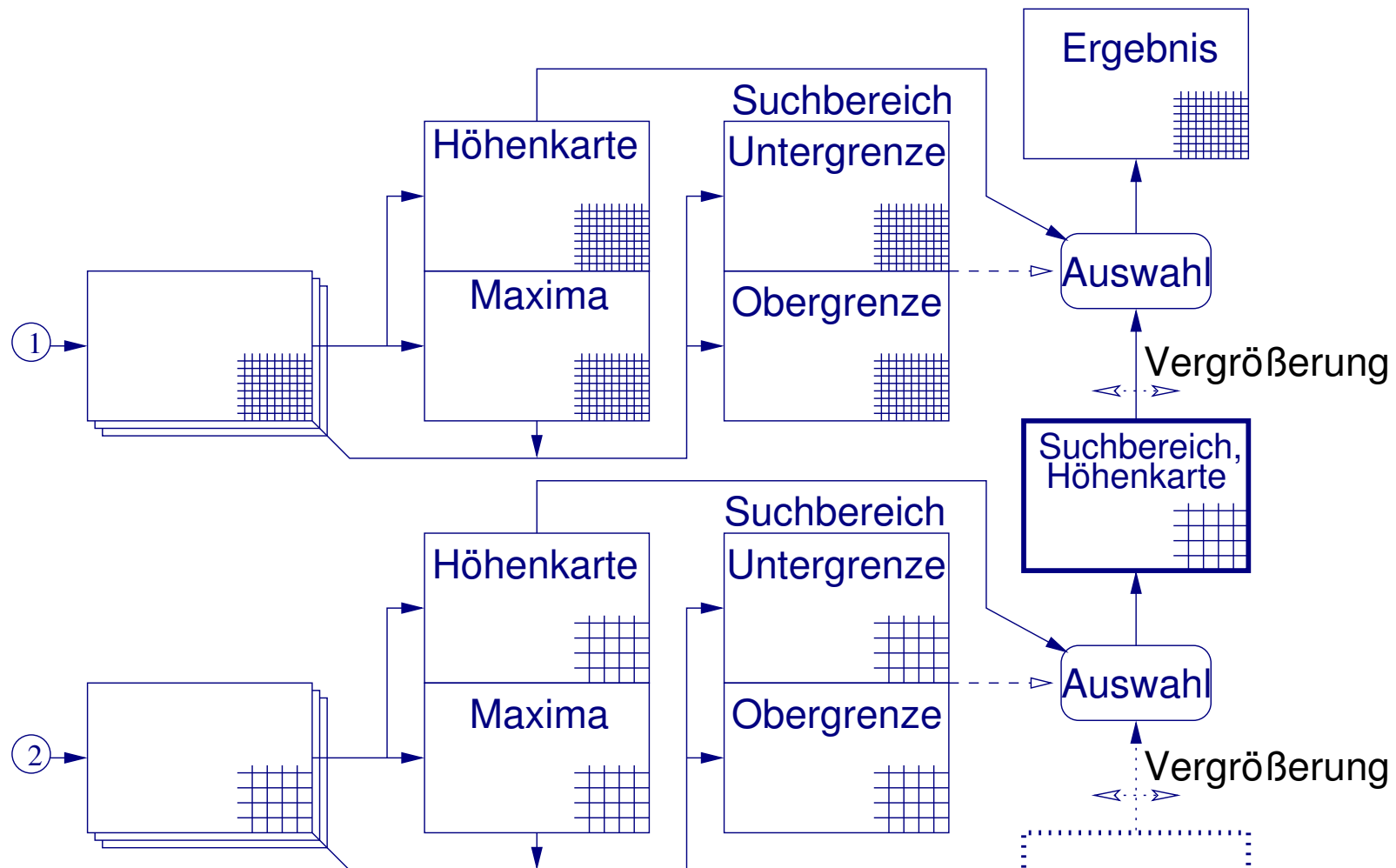
adaptives Schärfemaß



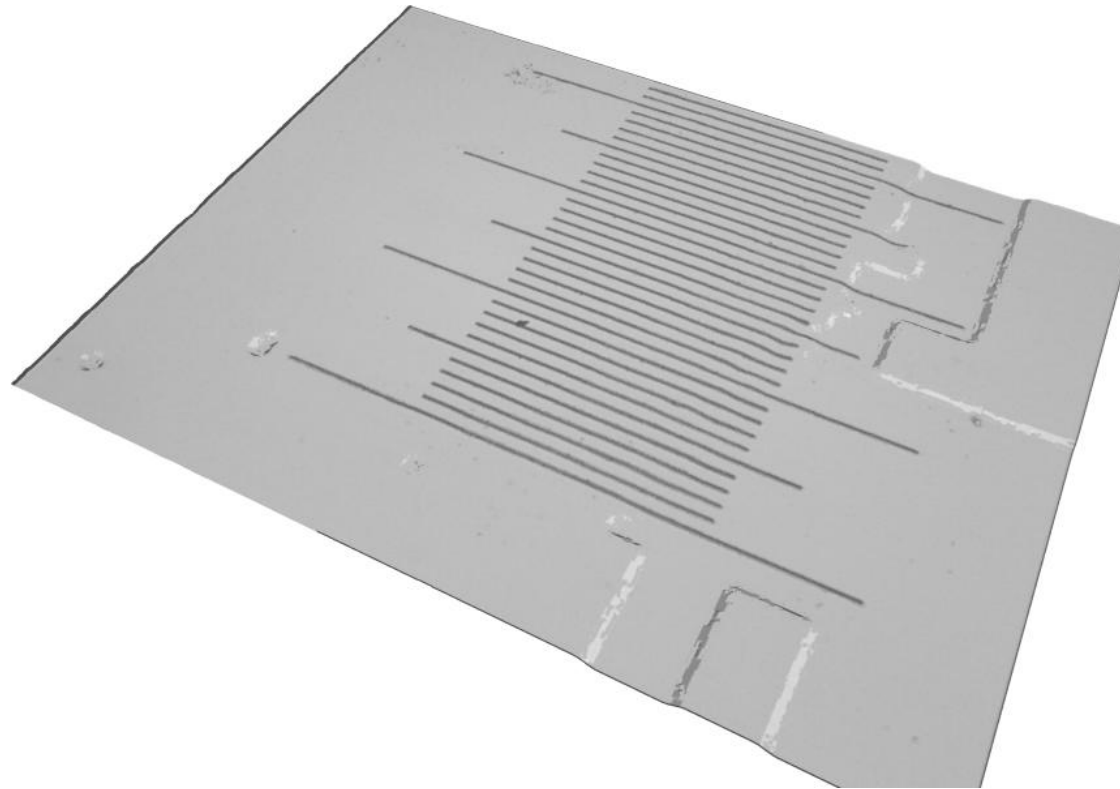
Schärfemaß für verschiedene Auflösungen

- hier lokale Grauwertvarianz
- Komplexität $O(N)$

Adaptive Bestimmung der Höhenkarte



Ergebnis

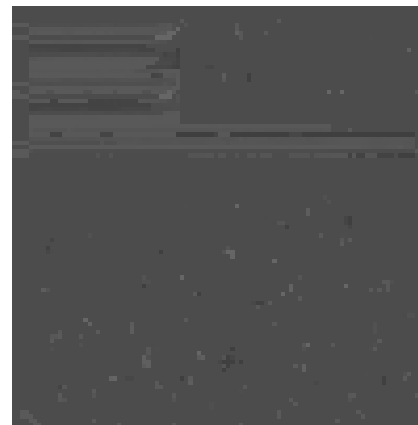
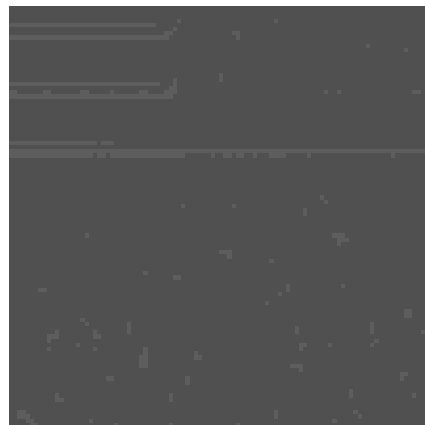


Auflösungsverbesserung I

Approximation der Punktantwort durch $h_z(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{\pi(zk)^2} & \sqrt{x^2 + y^2} \leq |zk| \\ 0 & \text{sonst} \end{cases},$

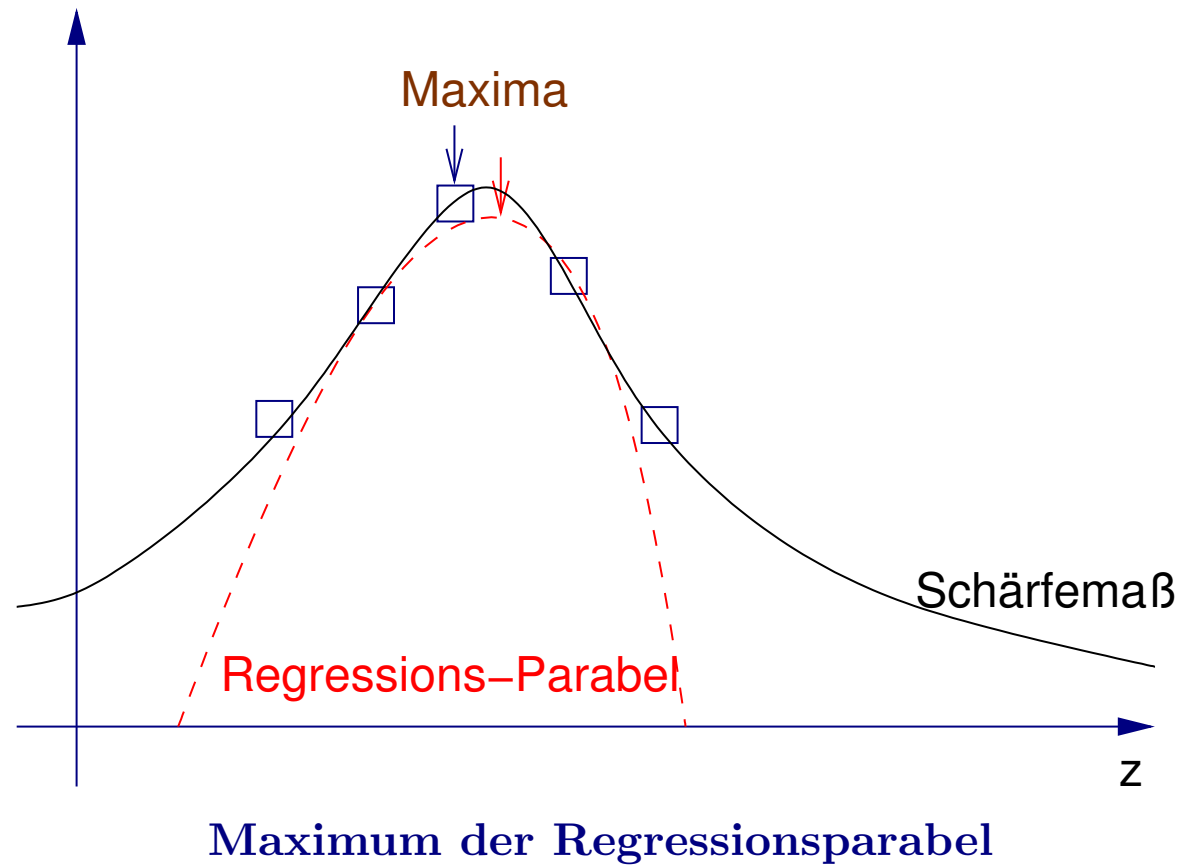
k kalibriert

$$(d' - d)(x, y) = \frac{1}{M} \operatorname{argmin}_{j \in \{-M, \dots, +M\}} \left\| \begin{cases} g_2 - g_1[\otimes] h_{2j/(cM)} & j < 0 \\ g_1 - g_2[\otimes] h_{2j/(cM)} & j \geq 0 \end{cases} \right\|$$

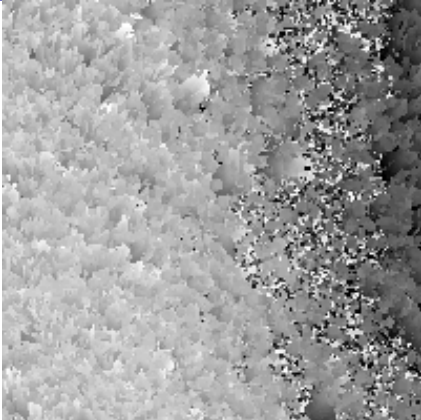
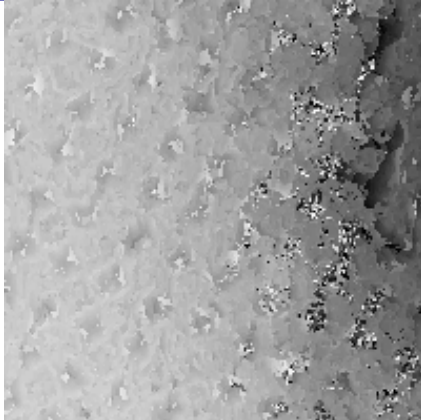
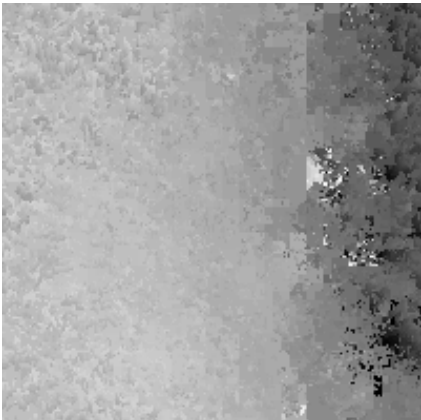



Verschlechterung

Auflösungsverbesserung II



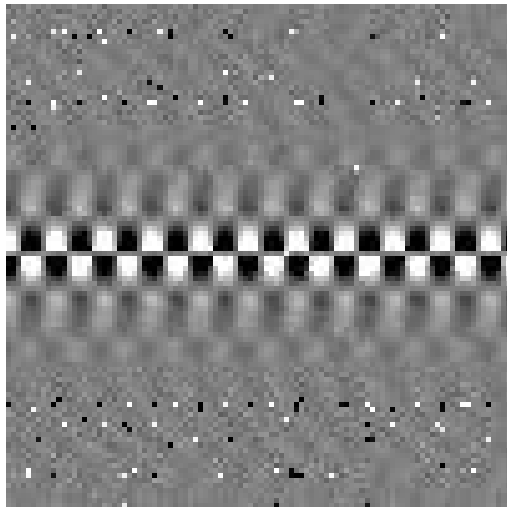
Vergleich I

	ohne Muster	mit Muster
Stand der Technik		
adaptiv		

Vergleich II

simulierte 100^3 -Fokusserie: geneigte Ebene

$$\text{Gütemaß } \sigma_d^2 = \frac{1}{N^2} \operatorname{argmin}_{a_1, a_2, b \in \mathbf{R}} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} (a_1 x + a_2 y + b - d(x, y))^2$$

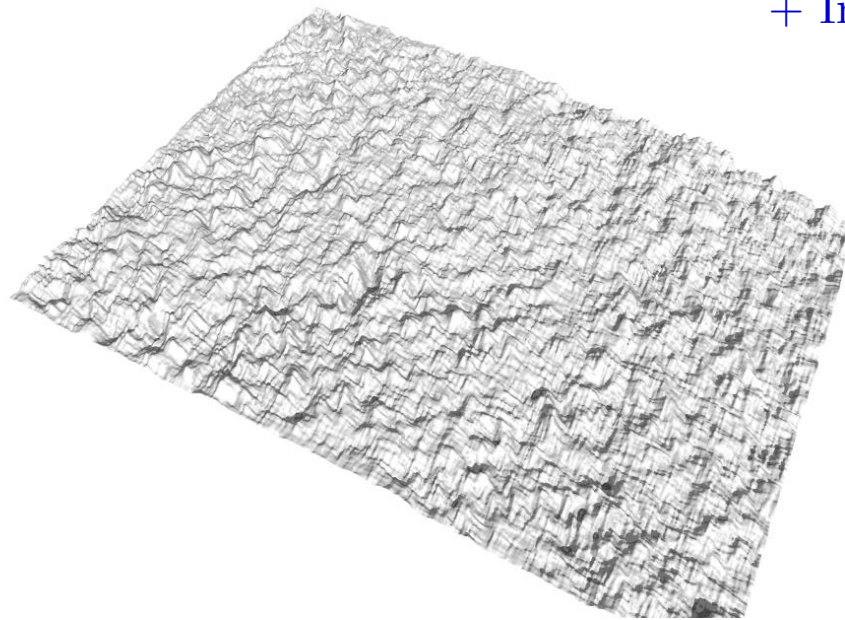


$g_{50}(x, y)$

Algorithmus	σ_d
einfach	21.6531
adaptiv	1.4135
+ Vgl. d. Unschärfe	1.4956
+ Interpolation	1.3704

Vergleich III

Algorithmus	$\sigma_d/2 \mu\text{m}$
einfach	3.66435
adaptiv	0.76254
+ Vgl. d. Unschärfe	0.97060
+ Interpolation	0.67578



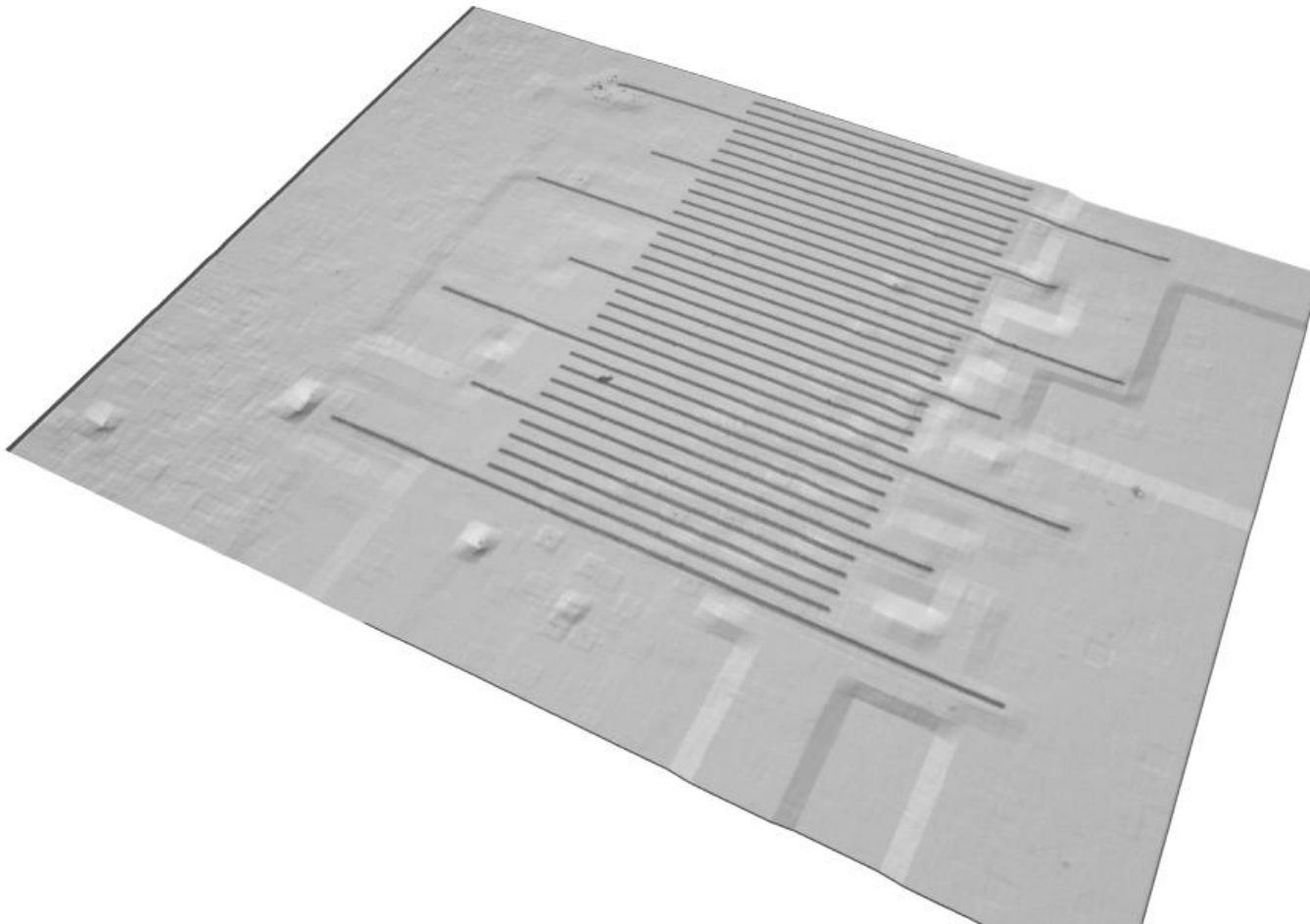
Zusammenfassung

- Adaptiver Algorithmus unterdrückt systematische Fehler
- Projektion von Hilfsmuster
- wenige Parameter
- Komplexität $O(N)$
- Berechnung von Tiefenbildern
- Auflösungsverbesserung durch Interpolation

Ausblick

- **Meßaufbau:**
 - Helligkeitsregler für Beleuchtung
- **Algorithmus:**
 - Adaptiver Vergleich der Unschärfe
 - Fusion von Fokusserien
 - Interpolation der Höhenkarte
 - Schärfemaß aus Wavelets
 - Zusammensetzen von Höhenkarten

Mikrogitter



Rillen

