

# Bildverarbeitung in der Medizin- und Automatisierungstechnik

**Dr.-Ing. Heiko Hengen**

Ingenieurbüro Hengen GbR  
Barthelsmühlring 26  
D-76870 Kandel

Tel        ++49 (0) 7275 – 985332  
Fax        ++49 (0) 7275 – 913338

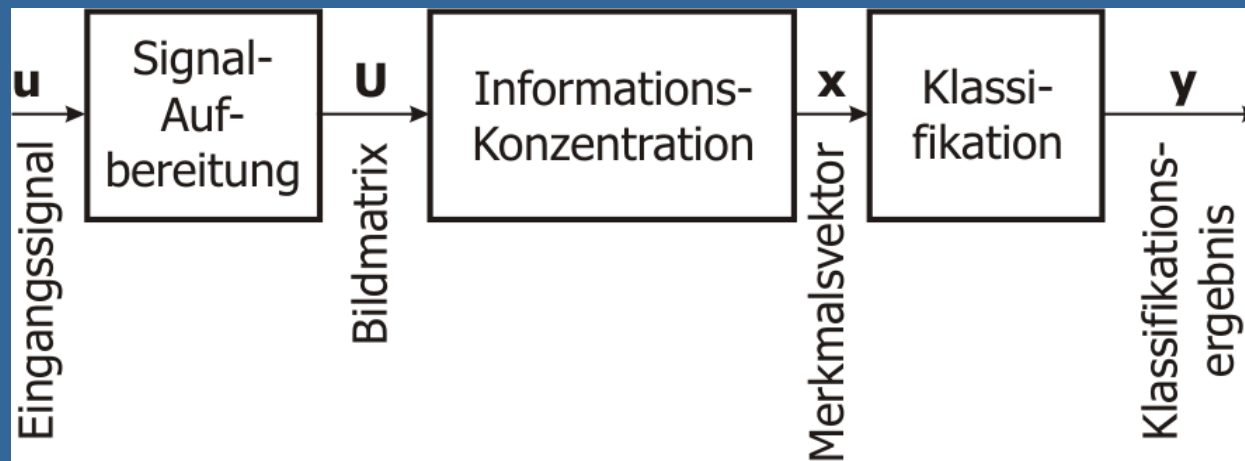
[hhengen@hengen-ingenieure.de](mailto:hhengen@hengen-ingenieure.de)  
[www.hengen-ingenieure.de](http://www.hengen-ingenieure.de)

Lehrgebiet med. Bildverarbeitung  
TU Kaiserslautern  
ZfUW/FB EIT

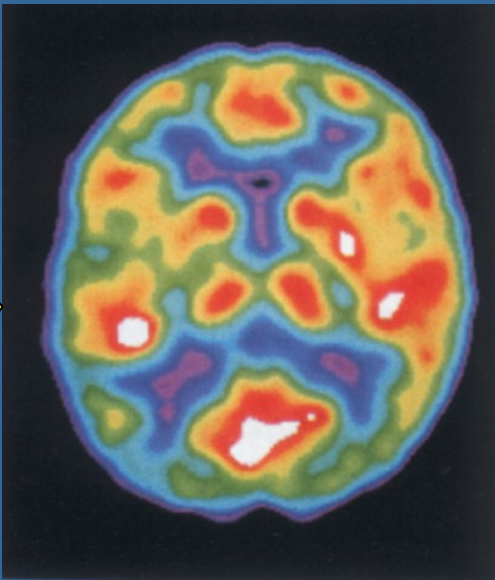
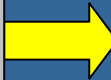
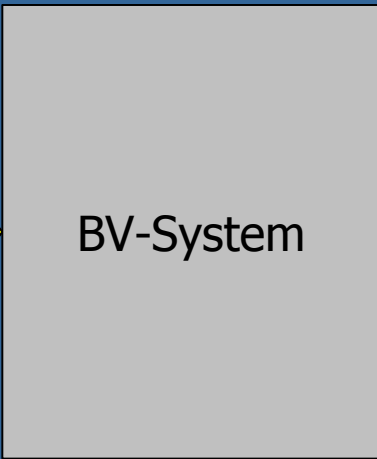
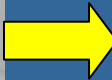
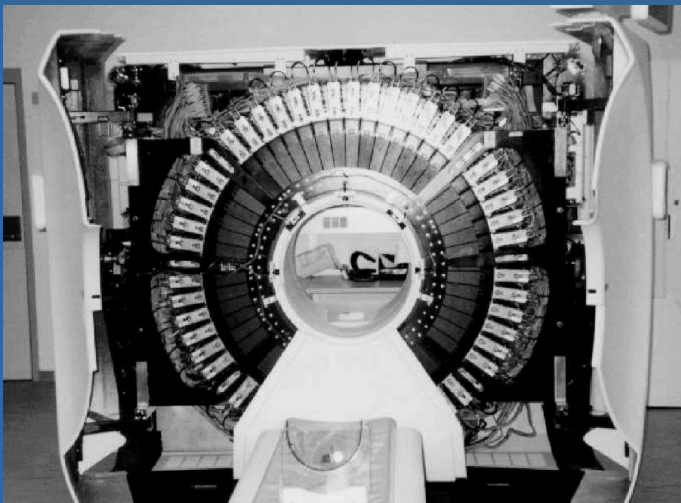
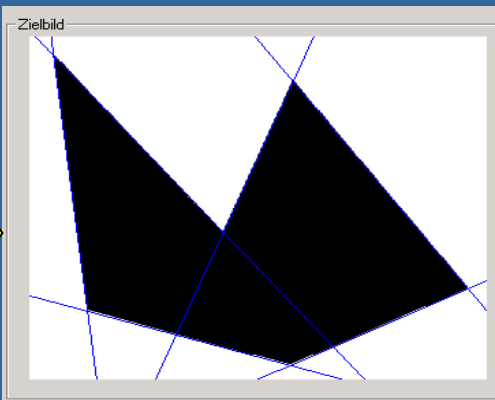
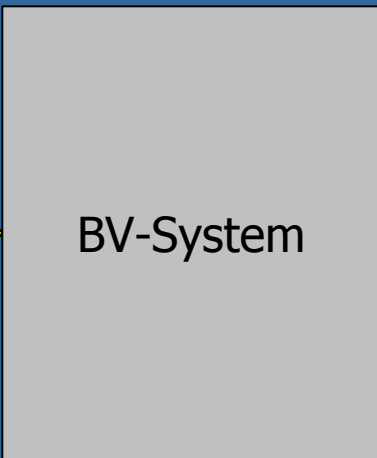
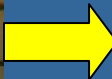
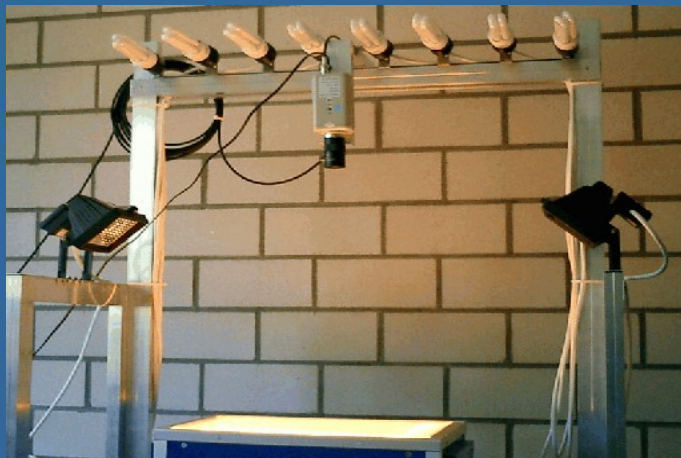


1. Einführung in die digitale Bildverarbeitung
2. Entwicklung in der Medizin- und Automatisierungstechnik
3. Forschungsschwerpunkte heute
4. Grenzen und Möglichkeiten
5. Aktuelle Anwendungen
6. Zusammenfassung und Ausblick

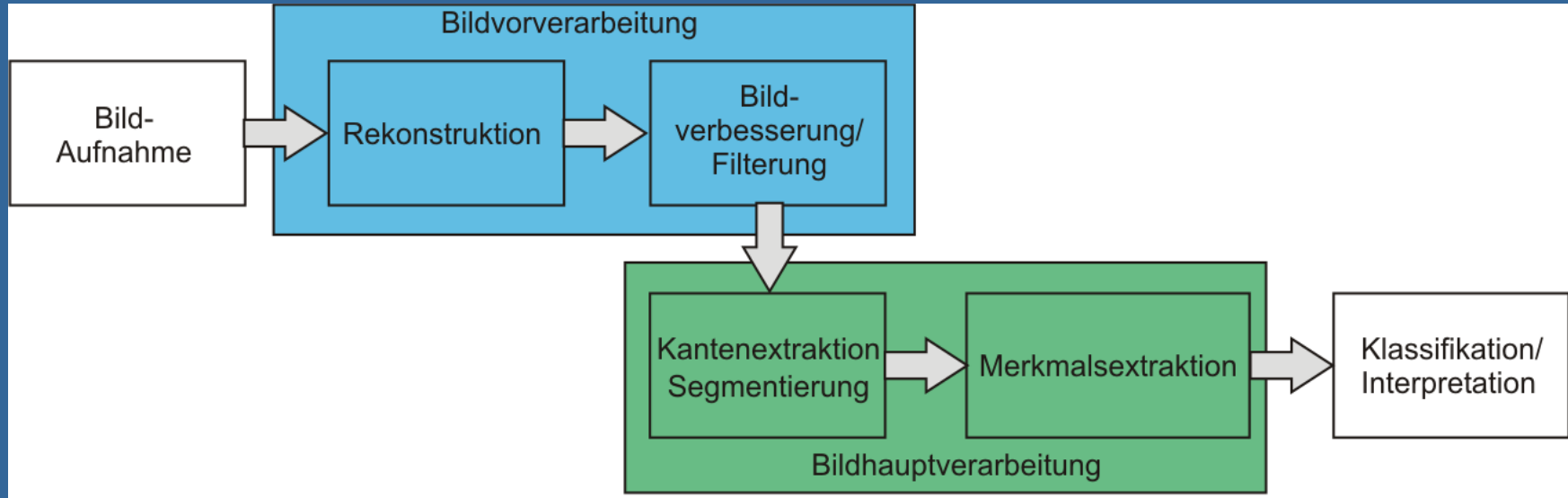
Systeme und Verfahren, die aus Meßdaten zunächst zwei- oder höherdimensionale Signale erzeugen, diese Signale aufbereiten und die in ihnen enthaltene Information extrahieren und interpretieren.



# Digitale Bildverarbeitung

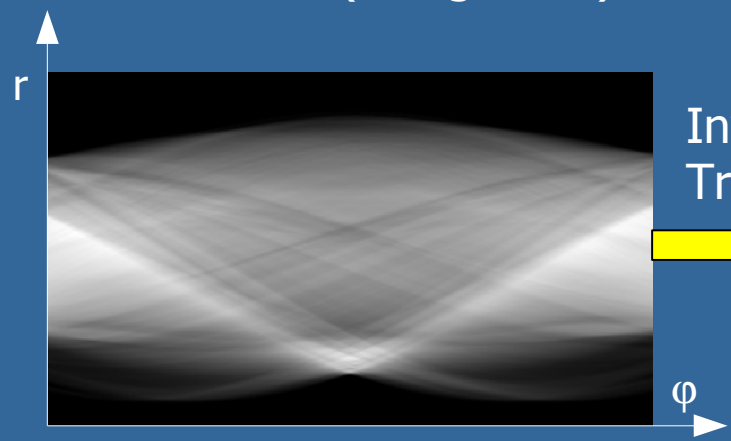


## Die Bildverarbeitungskette



# Einführung in die digitale Bildverarbeitung – Bildrekonstruktion

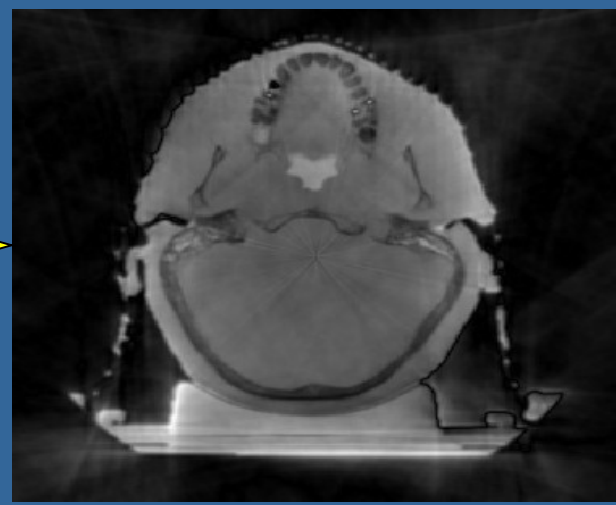
Detektorbild (Sinogramm)



Inverse Radon-Transformation



Rekonstruiertes Bild



$$\check{g}(\rho, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) \delta(\rho - x \cos \theta - y \sin \theta) dx dy$$



Shape from Shading

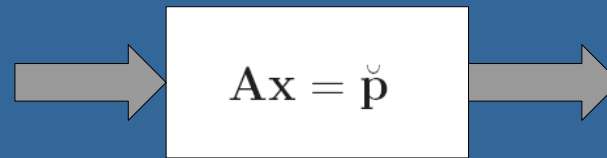


Intensitätsbild

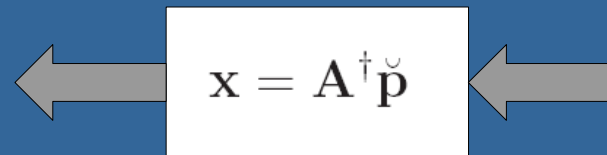
3D-Oberflächenprofil

## Erzeuge Systemeingangsdaten aus Messvektor

Annahme: Systemoperator **A** näherungsweise bekannt



Messdaten sind störungsbehaftet. **A** ist i.d.R. schlecht konditioniert

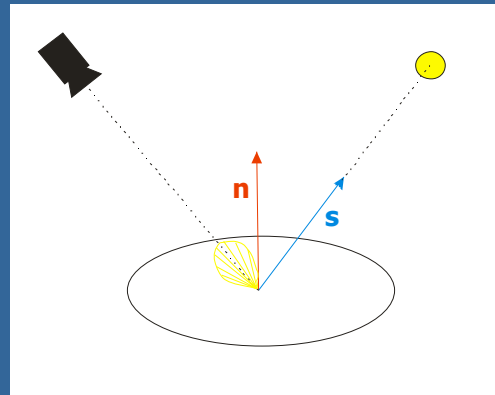
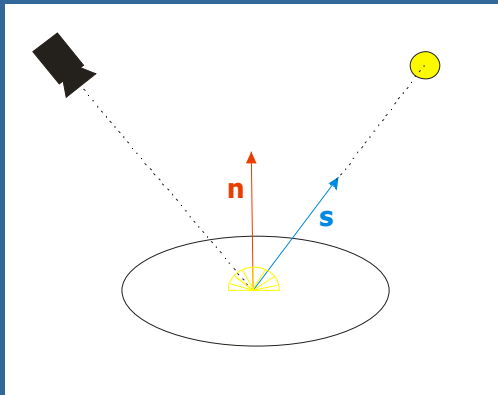


Regularisierung durch Anwenden einer Pseudoinversen  
(z.B. nach Tikhonov-Phillips)

# Forschungsschwerpunkte heute –Inverse Problemstellungen

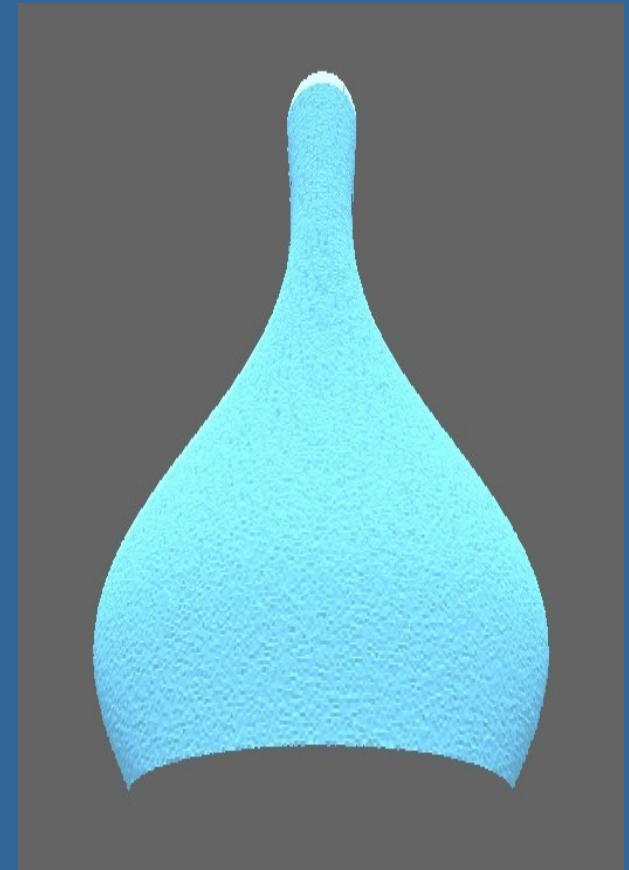
## Lambert-Reflektanz

$$R(p, q) = R_0 \cdot \mathbf{n}^T \mathbf{s}$$



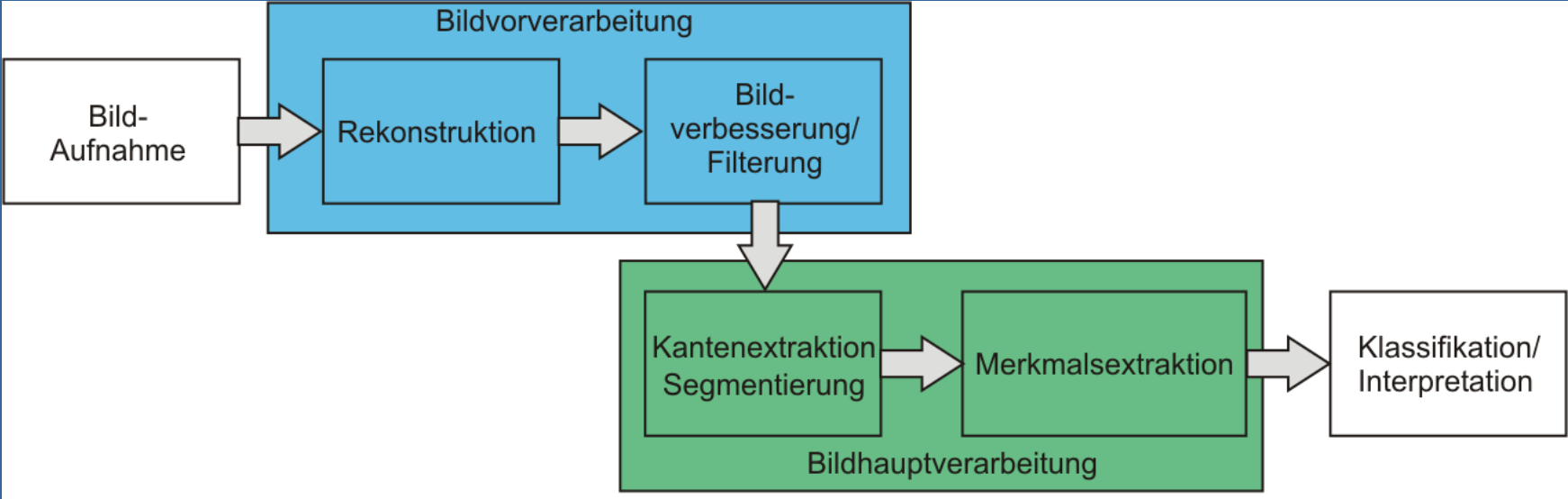
Reflektanzkarte muss mit dem Intensitätsbild übereinstimmen.

$$\iint \left( (E(x, y) - R(p, q))^2 + \lambda (p_y - q_x)^2 \right) dx dy$$

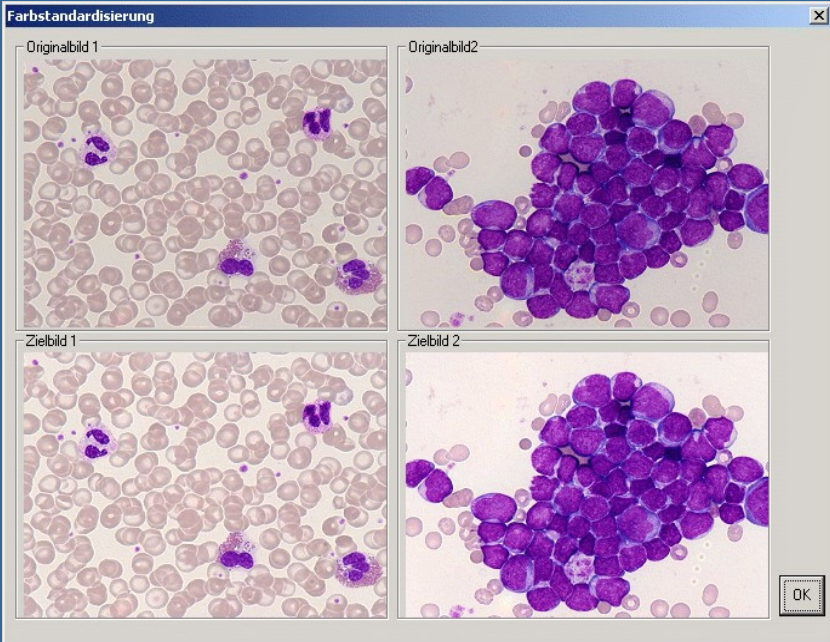




# Digitale Bildverarbeitung

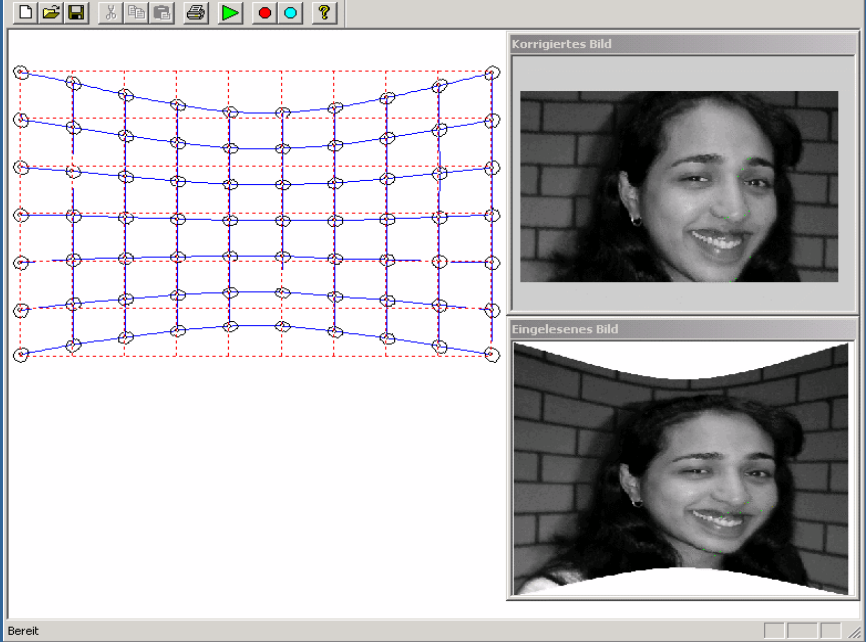


# Einführung in die digitale Bildverarbeitung – Bildvorverarbeitung

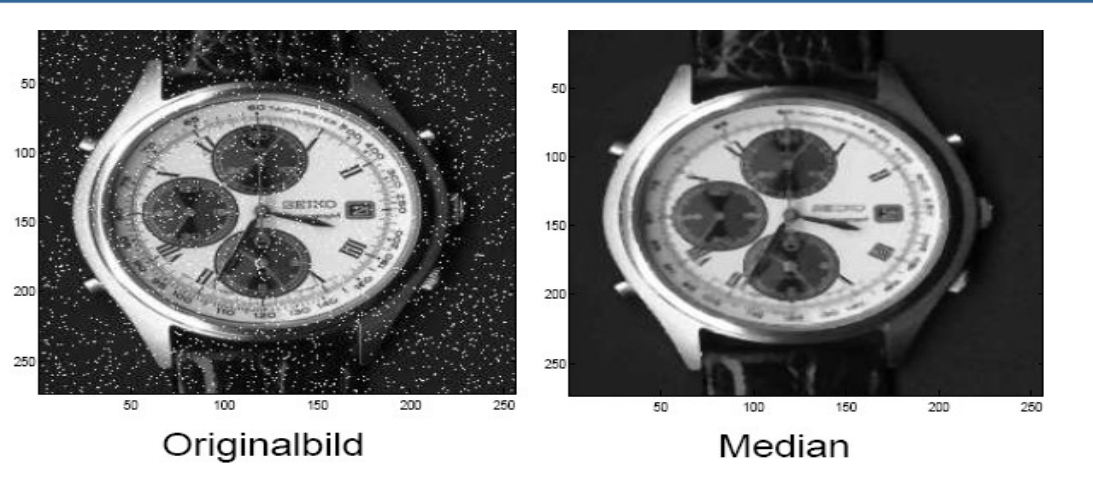


Farbstandardisierung von mikroskopischen Aufnahmen

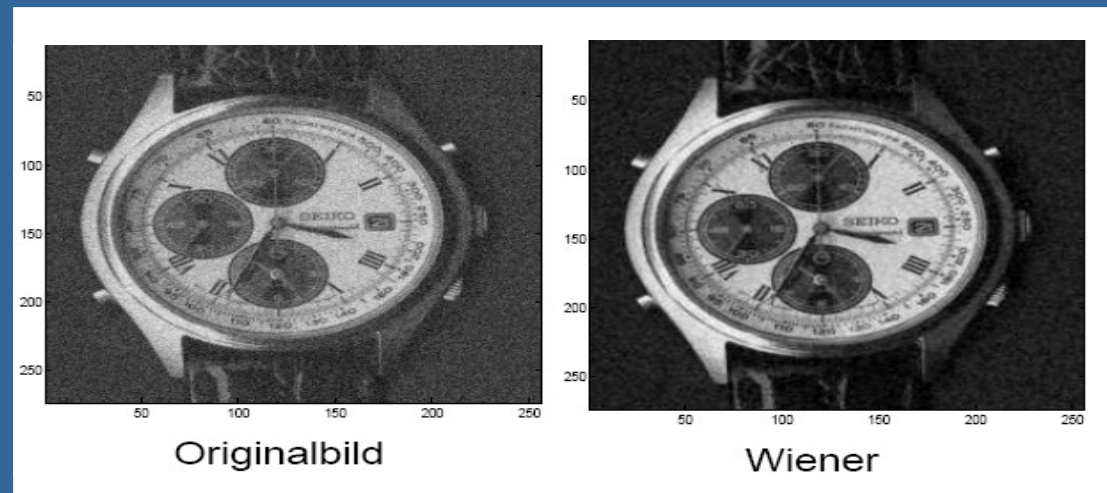
Entzerrung durch geometrische Identifikation des Abbildungssystems und Berechnung einer Umkehrabbildung



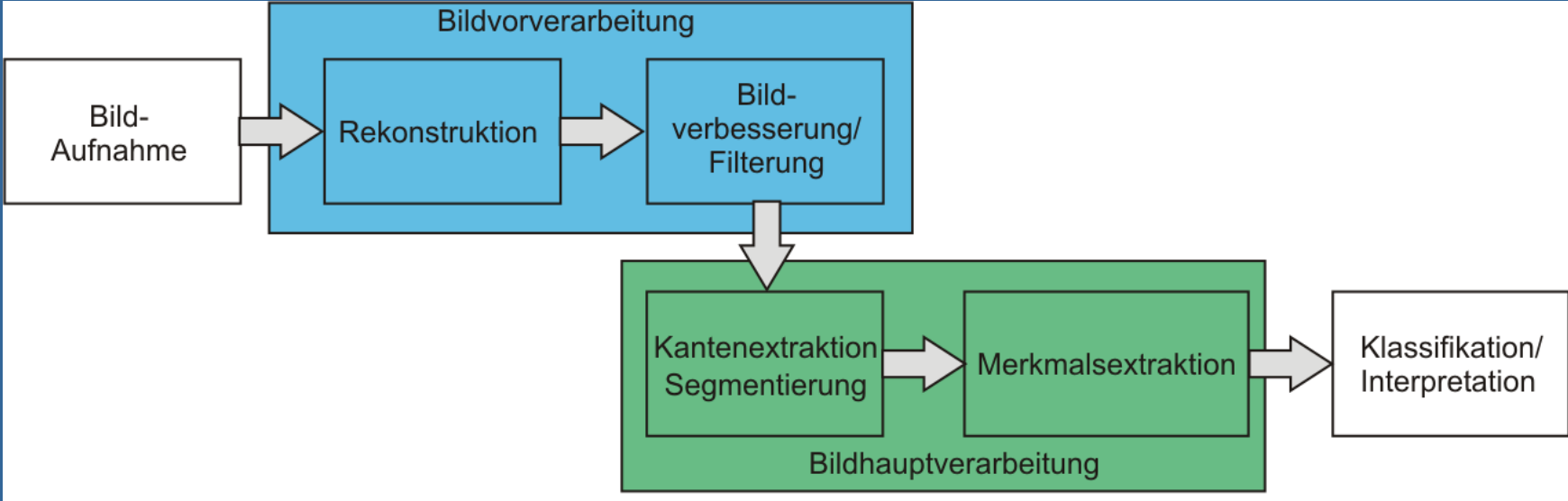
**Nichtlineare Filterung**  
zur Elimination  
von Pixelfehlern



**Lineare Optimalfilterung**  
zur Elimination von  
Kanalrauschen



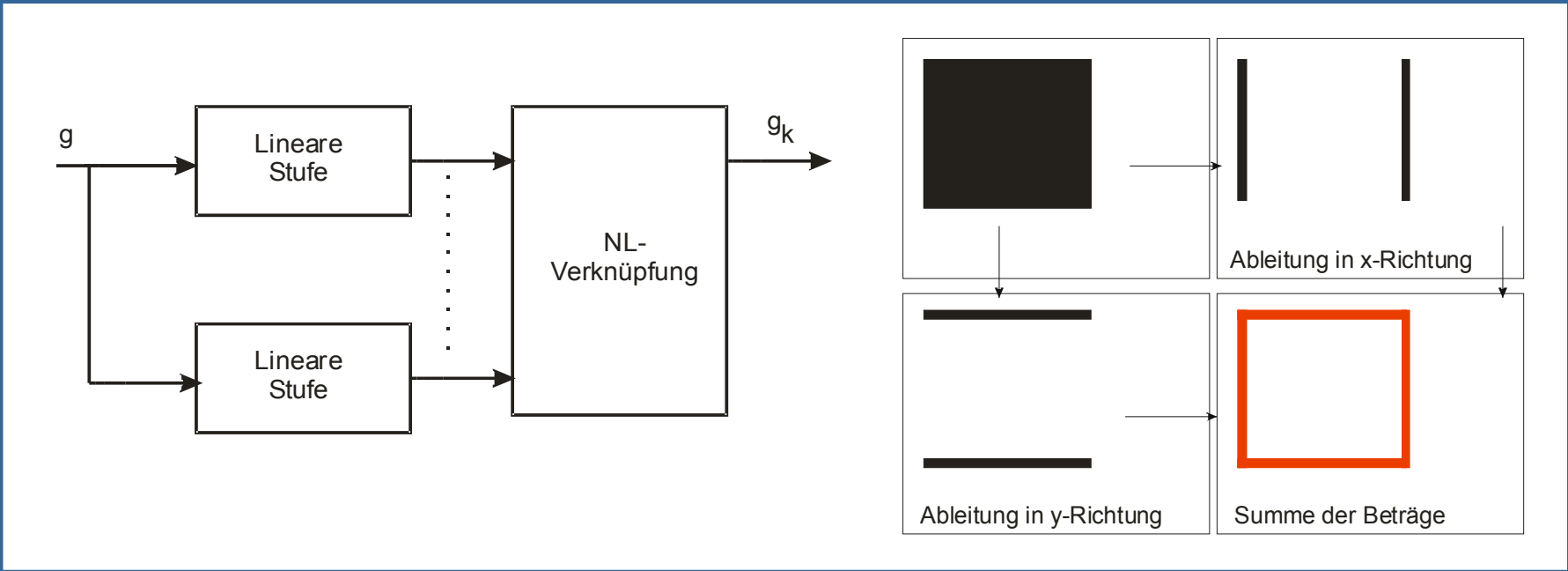
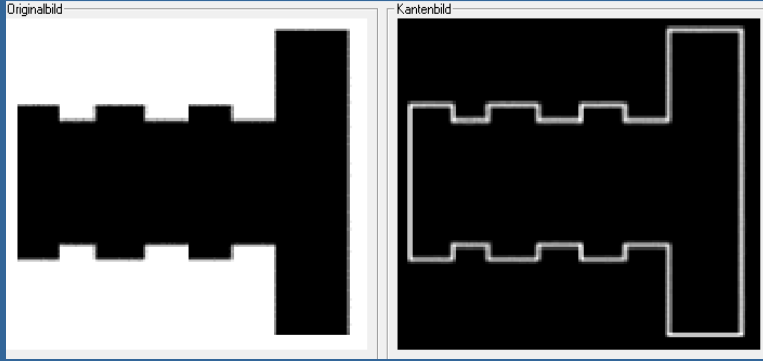
# Digitale Bildverarbeitung



# Einführung in die digitale Bildverarbeitung – Kantenextraktion

## Kantenverstärkung durch Differentiation

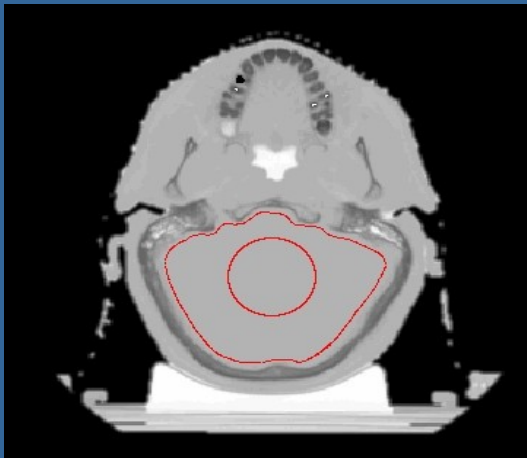
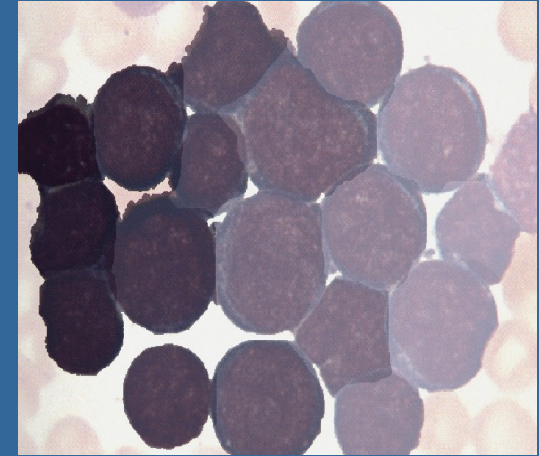
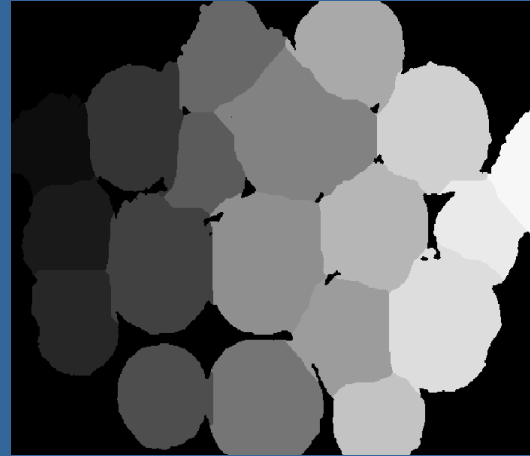
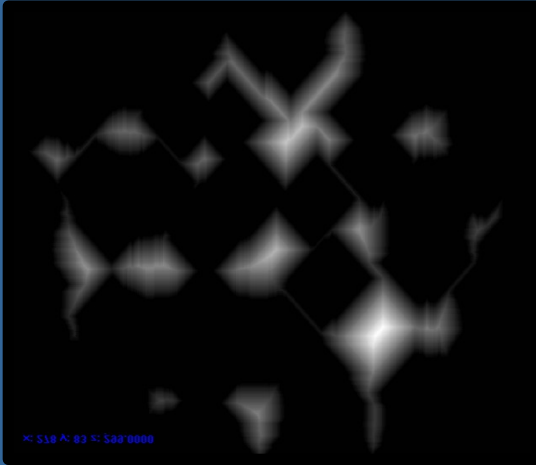
$$V = f\left(\frac{\partial u(x, y)}{\partial s_0}, \dots, \frac{\partial u(x, y)}{\partial s_K}\right)$$



## Nachgeschaltet: Kontur-Repräsentationsverfahren

# Einführung in die digitale Bildverarbeitung – Segmentierung

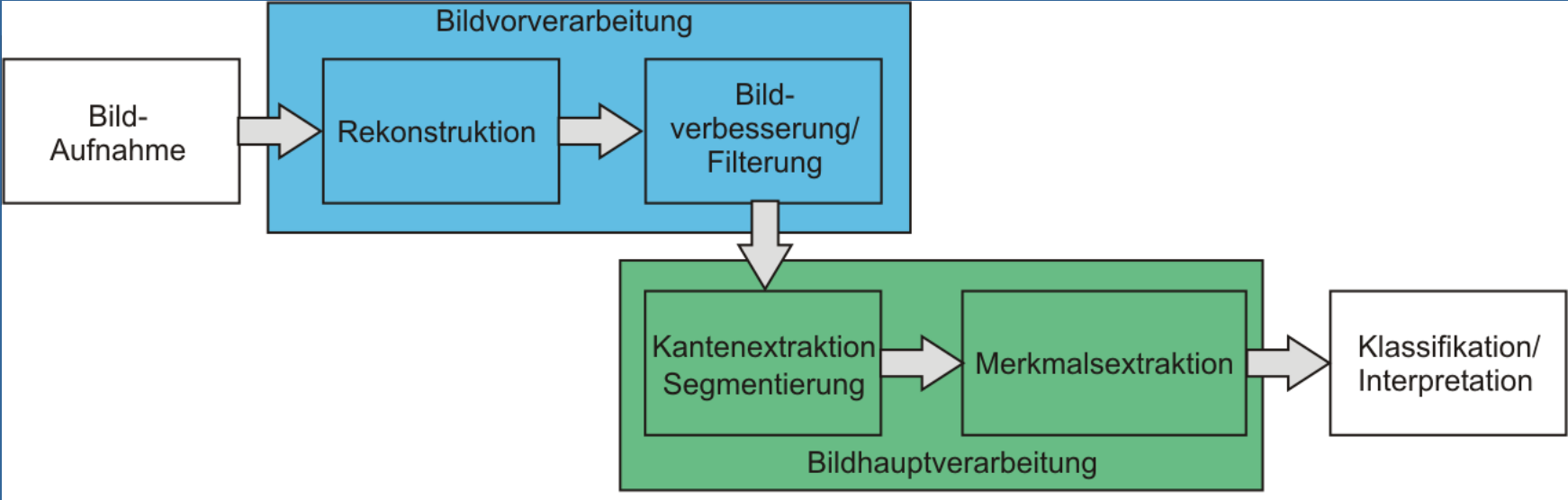
Segmentierung durch Distanztransformation + Regionenwachstum

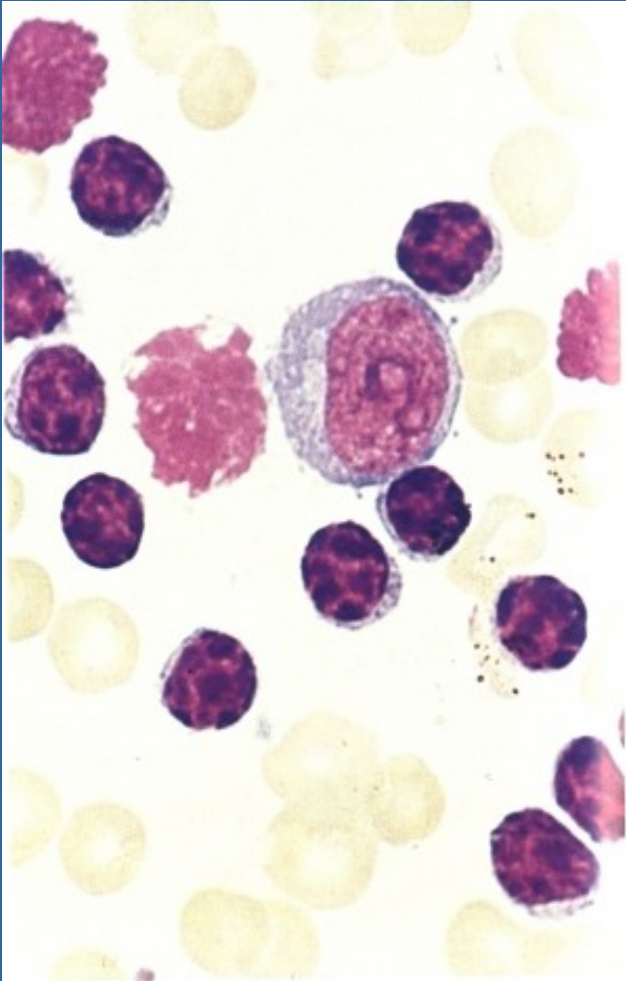


$$\begin{aligned} \mathbf{v} &: [0, 1] \longrightarrow \mathbb{R}^2 \\ \mathbf{v}(s) &= \begin{pmatrix} x(s) \\ y(s) \end{pmatrix} \\ \mathbf{v}(0) &= \mathbf{v}(1) \end{aligned} \quad \mathcal{E}_{Snake} = \int_0^1 E_{\text{int}}(\mathbf{v}(s)) + E_{\text{ext}}(\mathbf{v}(s)) ds$$

Segmentierung mittels dynamischer Kontur (Balloon)

# Digitale Bildverarbeitung





- Farbmerkmale
- Texturmerkmale
- Konturmerkmale
- Flächen/Segmentmerkmale

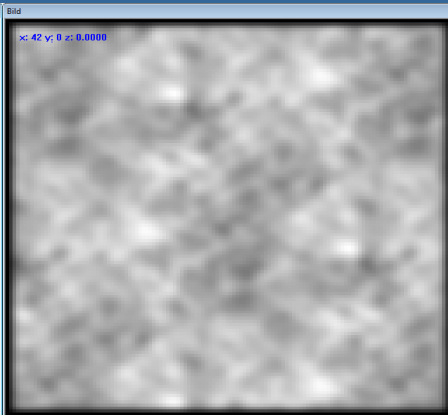
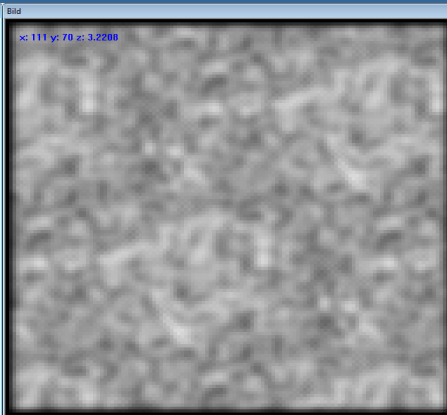
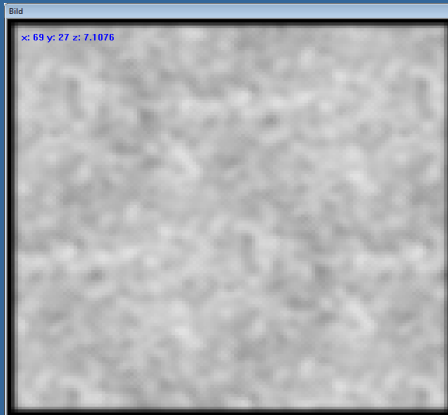
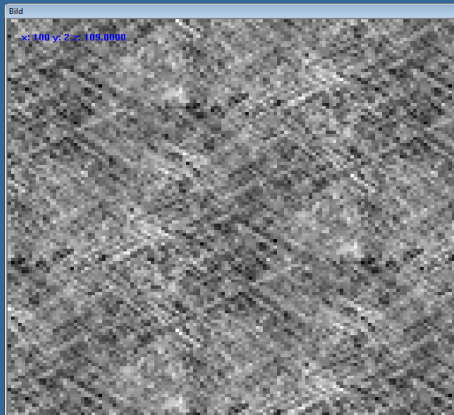
Extraktion von wenigen  
informationstragenden Parametern

$$\mathbf{x} = f(\mathbf{U})$$

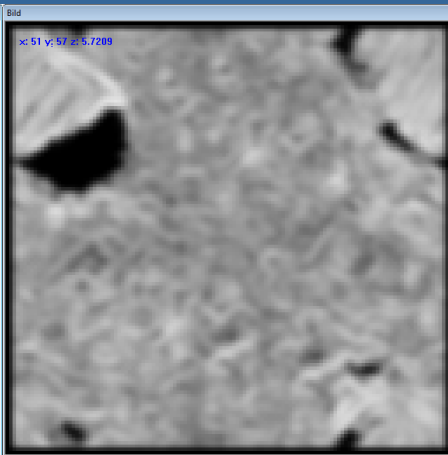
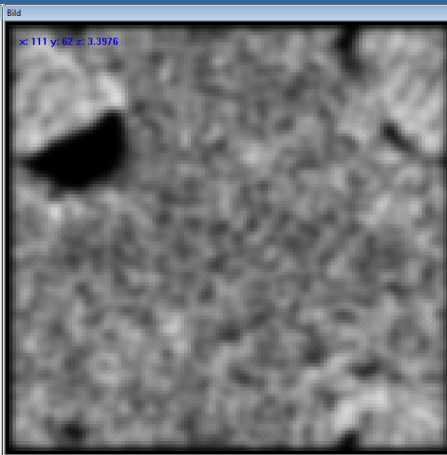
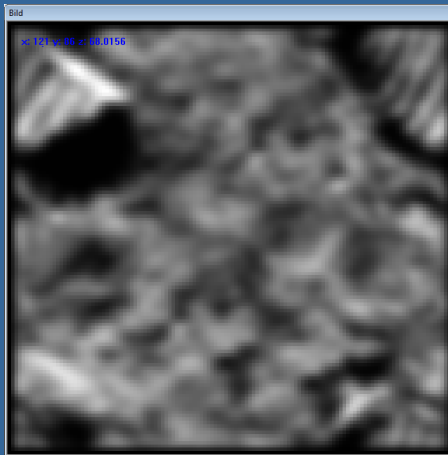
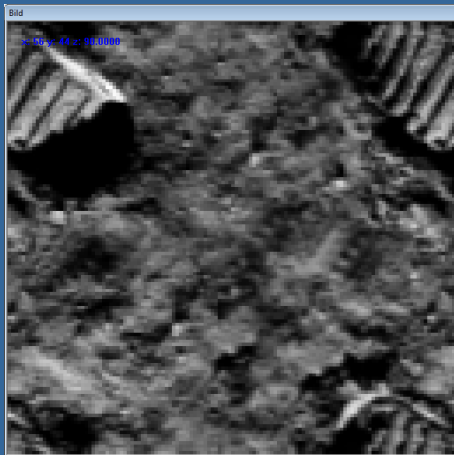
→ **Informationskonzentration**

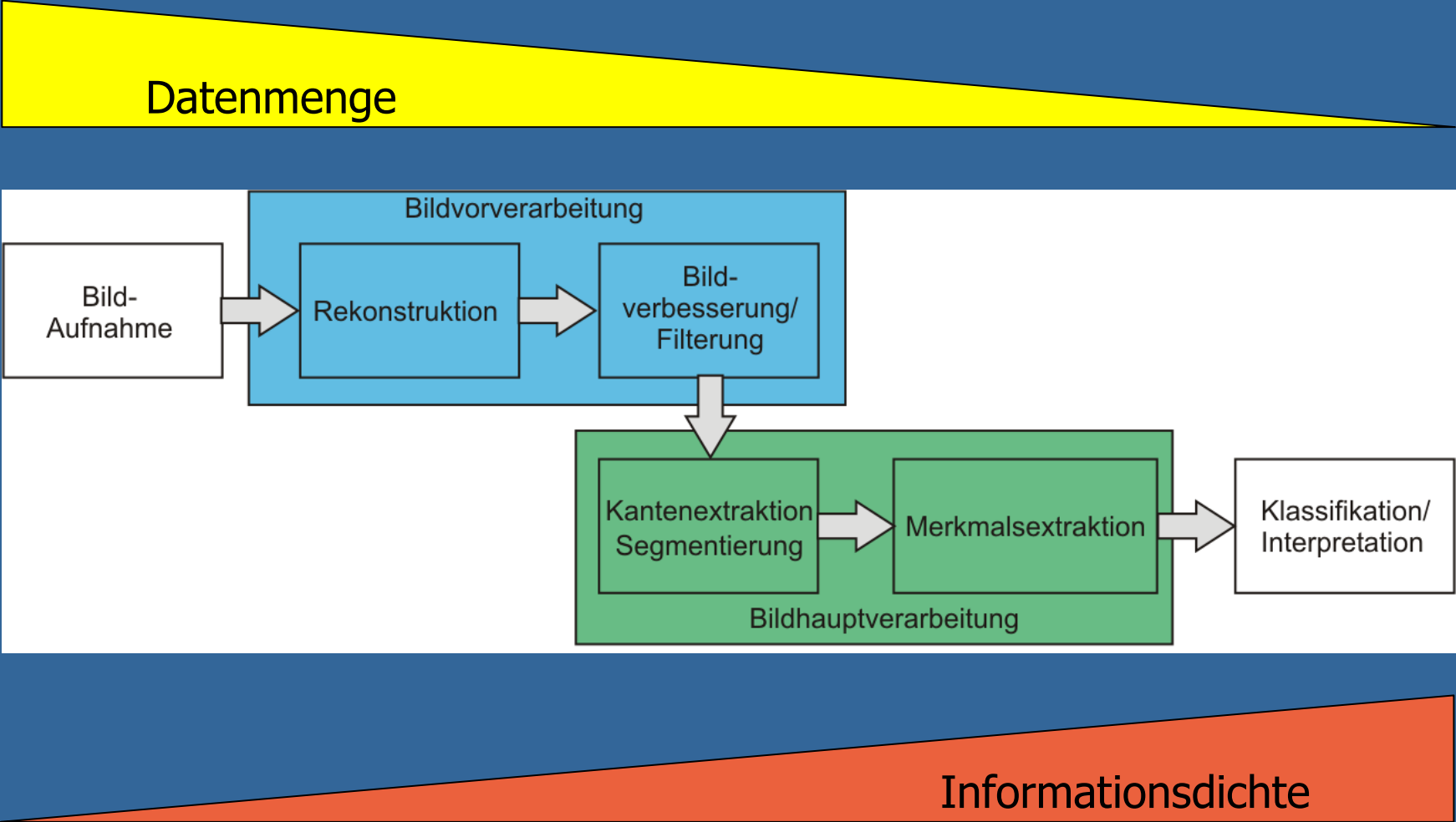


# Einführung in die digitale Bildverarbeitung – Merkmalsextraktion

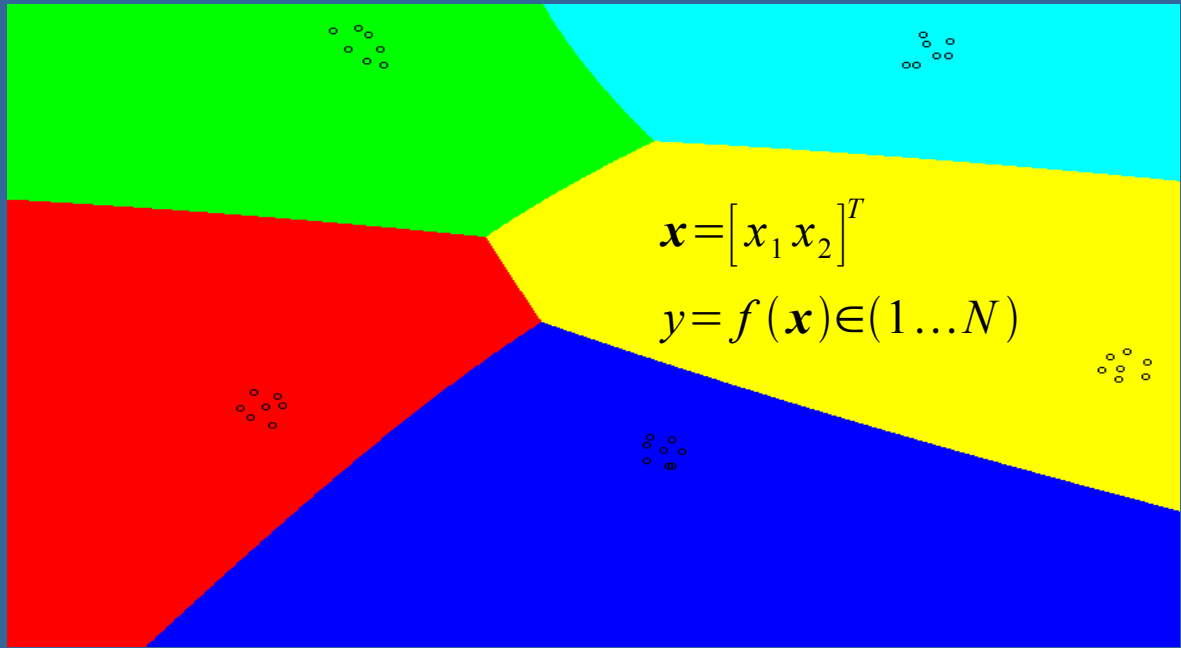


Identifikation von Texturparametern durch Herstellen von Nachbarschaftsbeziehungen



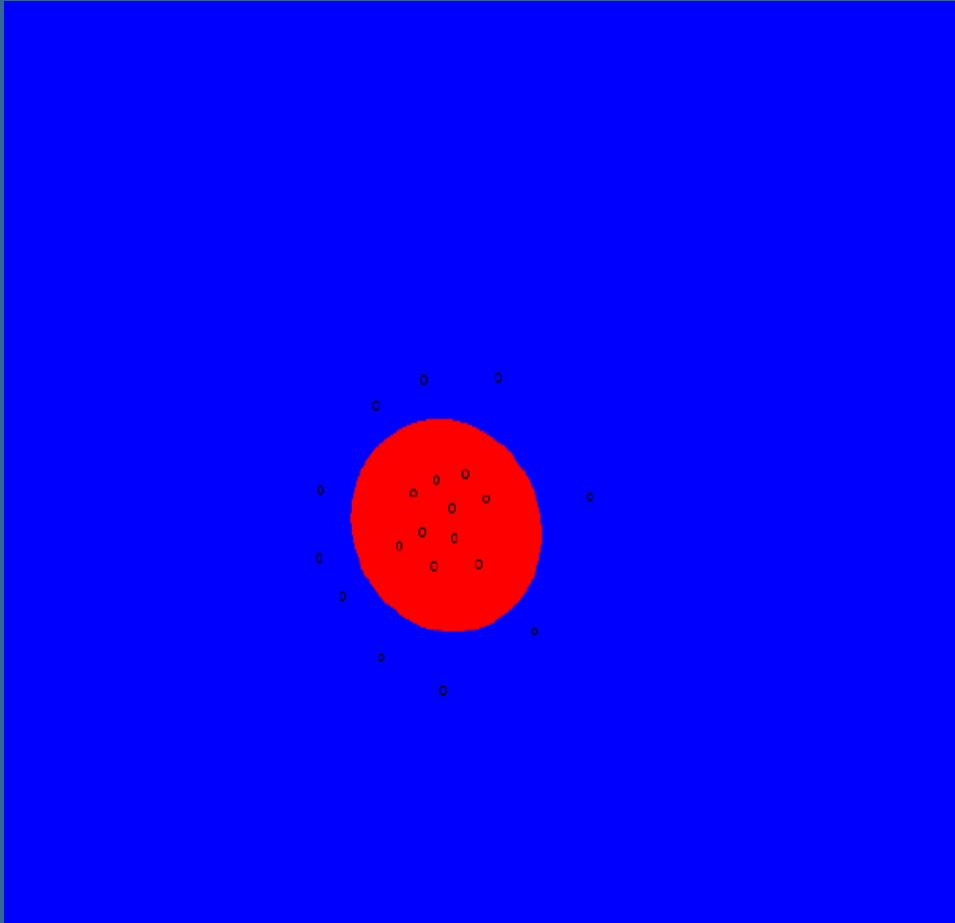


# Einführung in die digitale Bildverarbeitung – Klassifikation



**Beispiel:**  
2 Merkmale, 5 Klassen

## Rekonstruktion komplexer Entscheidungshyperebenen



$$y_i(\mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + b) \geq 1$$

$$\min_{\mathbf{w}, b} J = \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|_2^2 + \sum_{i=1}^L \mu_i (1 - y_i(\mathbf{x}_i^T \mathbf{w} + b))$$

Kernelfunktion

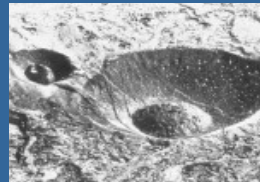
$$\Phi\{[\xi_1 \ \xi_2]^T\} = [\xi_1 \ \xi_2 \ \sqrt{2}\xi_1\xi_2 \ \xi_1^2 \ \xi_2^2]^T$$

- Digitale Signalverarbeitung (1D, 2D, 3D)
- Stochastische Prozesse (Optimalfilter, Texturanalyse)
- Graphische Datenverarbeitung
- Geometrische Algorithmen
- Klassifikationsverfahren
- Lösung inverser Problemstellungen + Optimierungsverfahren
- Regelungstechnik (aktive Bildverarbeitung)

# Entwicklung in der Medizin- und Automatisierungstechnik

## Eckdaten

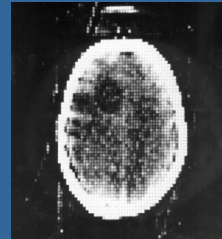
1960-1970 MIT, Bell Labs,  
Jet Propulsion Lab, Univ. Maryland



1970-1980 Digitale Bild-  
rekonstruktion (CT)



1971



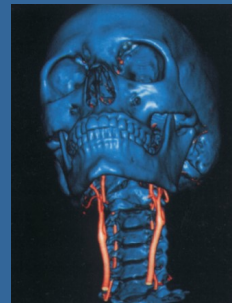
1975



1979

1980-1990 Bildverarbeitungssysteme  
für industrielle Anwendungen

1990-2000 Intelligente Kameras,  
3D-Direkt-Rekonstruktion

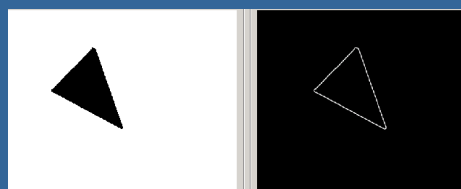


2000- SVM – Klassifikationsverfahren

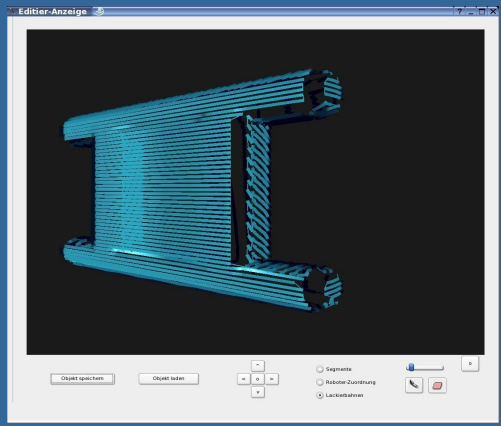
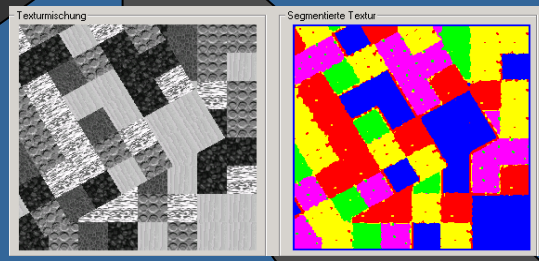
# Entwicklung in der Medizin- und Automatisierungstechnik

## Automatisierungstechnik

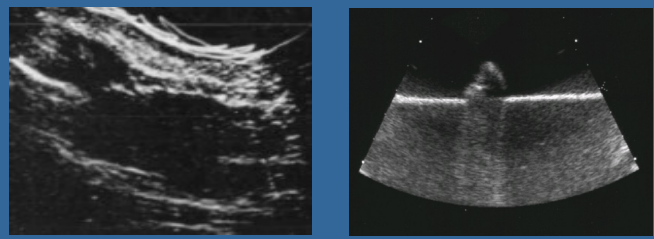
- Einfache Meßaufgaben
- Vollständigkeitskontrolle (Binärbildverarbeitung)



- Grauwertverarbeitung
- Texturanalyse



- 3D-Verarbeitung
- Automatische Klassifikation
- Objekterkennung
- Diagnosehilfe
- Inverse Probleme
- Bewegungsschätzung

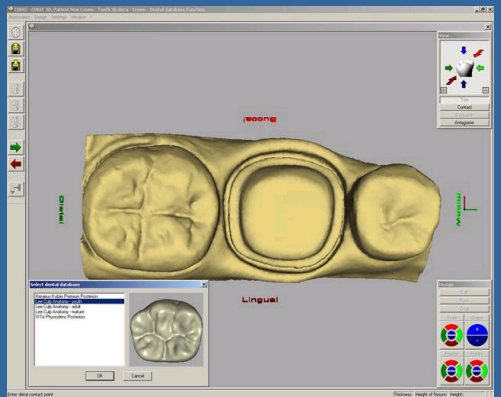


- Bildrekonstruktion (CT)
- Fusion von 1D-Meßsignalen (US)



- Parameter-Imaging
- Farbsegmentierung
- Texturanalyse

## Medizintechnik



# Forschungsschwerpunkte heute

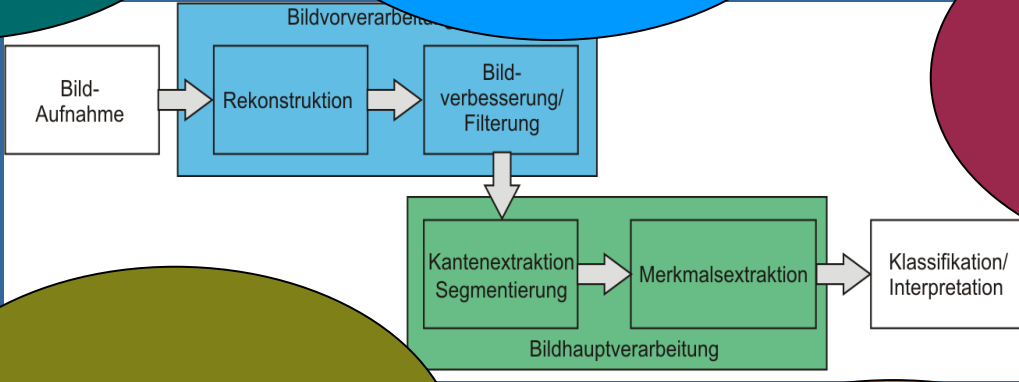
**Ausnutzung physikalischer Effekte**

**Inverse Probleme**

**Klassifikationsverfahren**

**Informations-Rückführung**

**Merkmalsgewinnung**





## Limitierende Faktoren

- Rechenleistung
- Verfügbare Verfahren, Systeme und Materialien (Beleuchtung, Aufnahme, Numerik, Elektromagnete, Kernchemie)
- Transferleistungsforderung
- Schlechtgestelltheit inverser Probleme

## Abhilfe

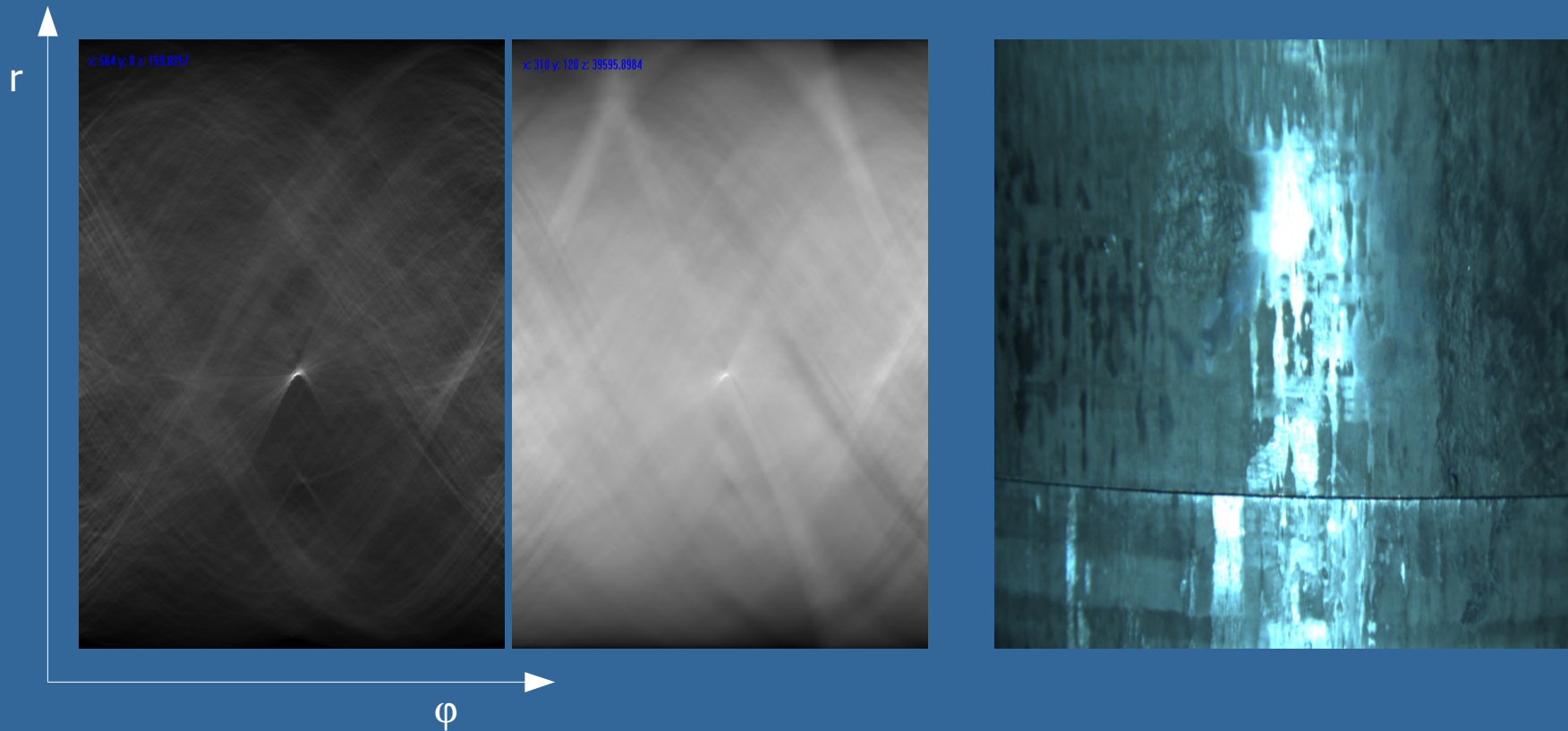
- Ersatz der Transferleistungsforderung durch numerische Kennzahlen mit eindeutiger Zuordnung > Klassifikationsverfahren
- Entwicklung von fehlerminimalen Regularisierungsverfahren

# Aktuelle Anwendungen – Spalterkennung an Aluminiumbolzen

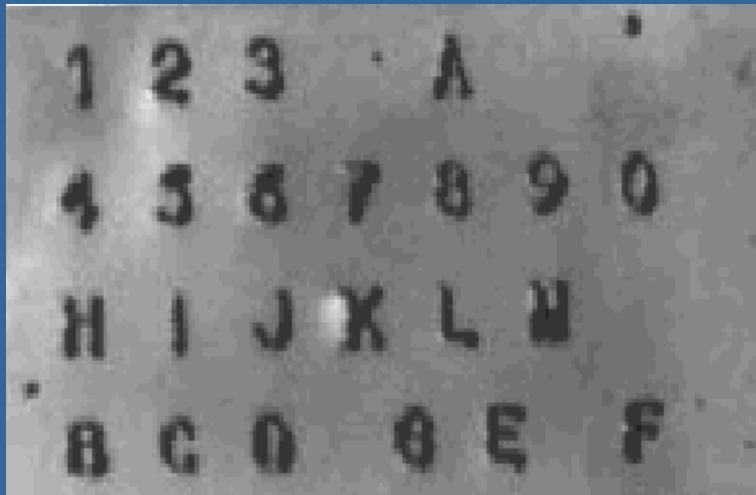
## 2D – Überwachungssystem für die Blockzuführung an Strangpressen

Spalterkennung durch Radontransformation

Richtungsermittlung aus der Radon-Transformierten



# Aktuelle Anwendungen – Plakettenerkennung für Verzinkerei

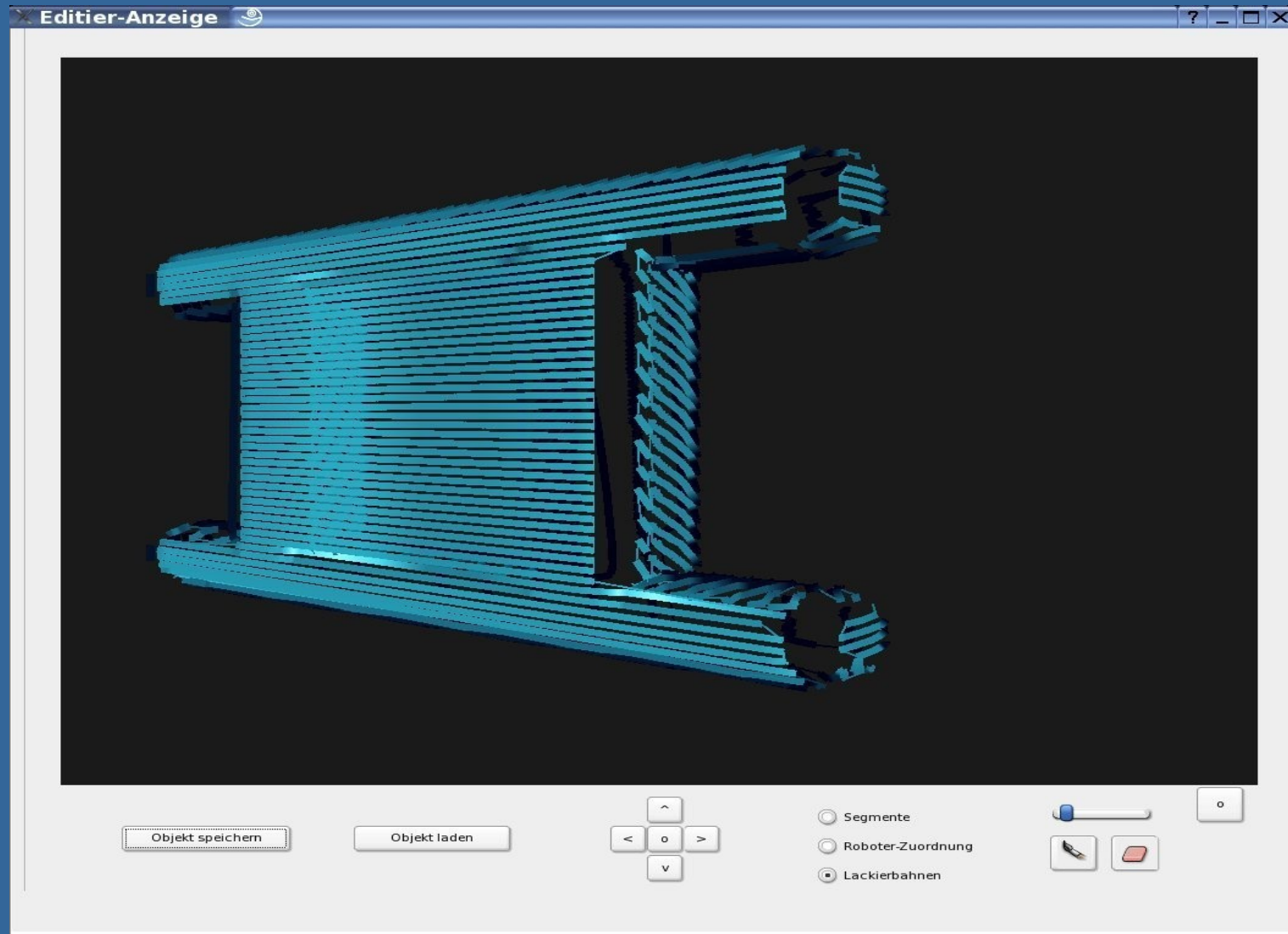


Anwenden eines Shape from Shading-Ansatzes

LED-Beleuchtung



# Aktuelle Anwendungen – 3D Werkstückerkennung+Lackierung



# Aktuelle Anwendungen – 3D Werkstückerkennung + Lackierung

- Aufgenommenes Werkstück (aus Laser-Abstandssensoren-Scheibenbildern)



- Werkstück-Lackierung durch Roboter

Box-  
Modus

## Bildverarbeitung in Medizin- und Automatisierungstechnik

### Zusammenfassung

- Früher: getrennte Entwicklungspfade, unterschiedliche Schwerpunkte
- Heute: gleiche Verfahren mit unterschiedlichen Anwendungen
- Kritisch: Erbringung von Transferleistungen
- Forschungsschwerpunkte entlang der gesamten BV-Pipeline

### Ausblick

- Mehr Rechenleistung: früher praxisirrelevante Verfahren werden tauglich
- Weiterentwicklungen von Sensortechnik bis zur Numerik

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

# Inverse Radon-Transformation - Fourier-Scheibentheorem

$$\check{g}(\rho, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) \delta(\rho - x \cos \theta - y \sin \theta) dx dy$$

$$G(k_x, k_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) e^{-j2\pi(k_x x + k_y y)} dx dy$$

$$\begin{pmatrix} k_x \\ k_y \end{pmatrix} = \nu \begin{pmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} G(\nu \cos \theta, \nu \sin \theta) &= \int_{-\infty}^{\infty} \left[ \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) \delta(\rho - x \cos \theta - y \sin \theta) e^{-j2\pi\rho\nu} dx dy \right] d\rho \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \left[ \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) \delta(\rho - x \cos \theta - y \sin \theta) dx dy \right] e^{-j2\pi\rho\nu} d\rho \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \check{g}(\rho, \theta) e^{-j2\pi\rho\nu} d\rho \end{aligned}$$

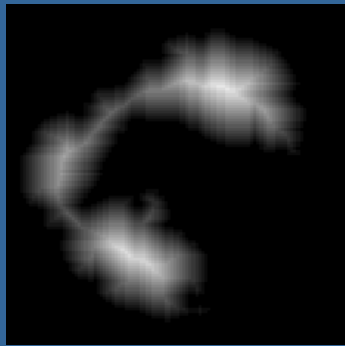
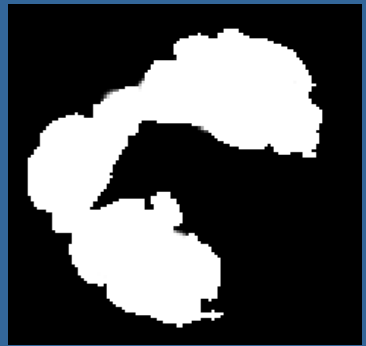
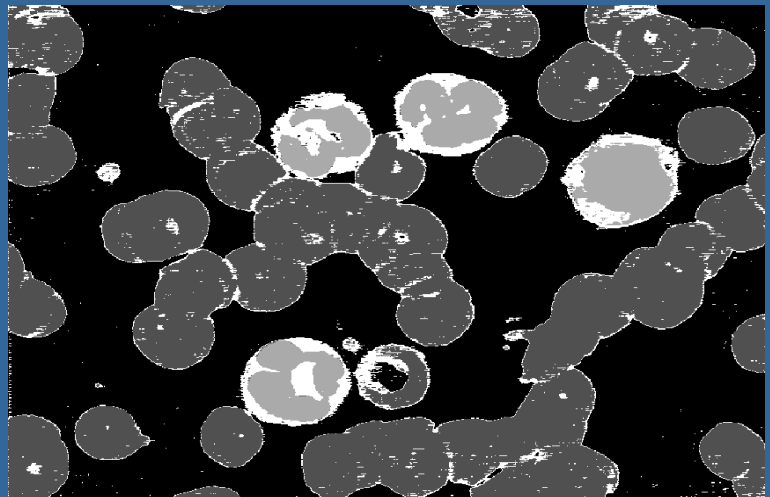
$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} G(k_x, k_y) e^{j2\pi(k_x x + k_y y)} dk_x dk_y$$



# Einführung in die digitale Bildverarbeitung – Merkmalsextraktion

Extraktion von Leukozyten, Zerlegung in Cytoplasma und Kern

Granulozyt



Nucleus-Maske

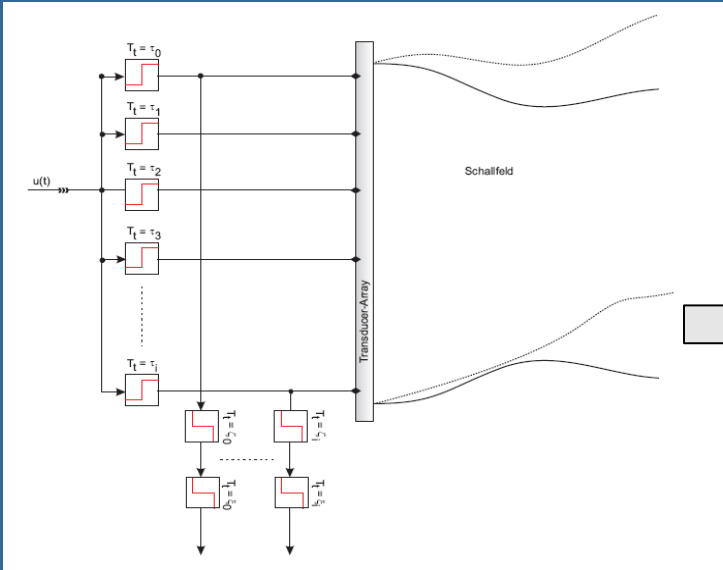
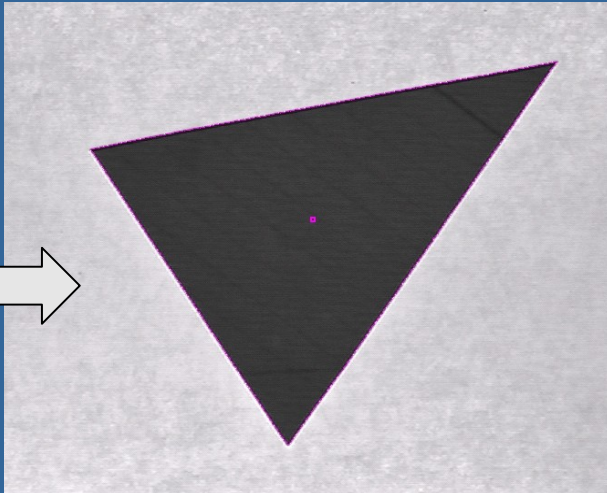
Distanz-Transformierte

Merkmal = Segmentanzahl

# Einführung in die digitale Bildverarbeitung – Bilderzeugung



Frame-Grabber



Bildfusion  
1D/2D

