

# EVA '97 Berlin

**Elektronische Bildverarbeitung  
&  
Kunst, Kultur, Historie**

die 4. Berliner Veranstaltung der EVA-Serie  
**Electronic Imaging & the Visual Arts**

12. - 14. November 1997  
bei den Staatlichen Museen zu Berlin -Preußischer Kulturbesitz  
am Berliner Kulturforum

**Veranstalter**



Gesellschaft zur Förderung  
angewandter Informatik e.V.

**VASARI ENTERPRISES**

---

## Tutorial 2

**Der Umgang mit digitalisierten Bildern und Daten**

Moderation: Prof. Gerd Stanke (GFaI Berlin)

---

***Bilddigitalisierung und -speicherung***

Dr. Alexander Geschke (CompArt, Berlin)

**T 2.1**

Grundsätzliches, neue Techniken, Datenvolumina

***Bildkompression***

Michael Thierschmann (LuRaTech, Berlin)

**T 2.2**

Anforderungen / Überblick (verlustfreie und verlustbehaftete Bildkompressionsverfahren) / Funktionalität und Vorteile neuer Hochleistungs-Bildformate (z.B. LWF) / Anwendungen in Standardsoftware, Internet und Intranet

***Bildverarbeitung 2D für kunst- und kulturelle Objekte***

Prof. Gerd Stanke (GFaI, Berlin)

**T 2.3**

Bilder: schwarzweiß und Farbe / Pixel- und Vektordarstellung / Bildauflösungen / Farbräume / Bildfilterung und -störungsbeseitigung / Bildverschärfung / Bildanalyse / Mustervergleich / Bild und Modell

***3D-Aufnahme und -Modellierung für Skulpturen, Grabungen, ...***

Lothar Paul (GFaI, Berlin)

**T 2.4**

Übergang von 2D zu 3D-„Bildern“ / Darstellung anwendbarer Aufnahmeprinzipien / Verknüpfung von Modell- und Bildinformation / Labor- und Freiluftsysteme / Genauigkeit - Modelltreue / Aufwand / Animation



## Notwendigkeit der Bilddatenkompression

768x512

24 Bit Farbtiefe / RGB

Moderne Multimediale Systeme meist digital

Leistungsstarke Rechner Systeme steigt, dadurch steigen

die Anforderungen an die Bildqualität

Neue Medien (Internet) nehmen an Bedeutung zu

## Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression

Michael Thierschmann, LuRaTech GmbH Berlin

### Abel: Einführung

Wunsch nach Bildübertragung/ Speicherung auch in schmalbandigen Medien erwünscht

Notwendigkeit der Bilddatenkompression



## 1. Einführung

- Notwendigkeit der Bilddatenkompression
- Digitalisierungsgrad
- Anwendungsfelder der digitalen Bildverarbeitung

## 2. Gegenwärtige Bildkompressionsverfahren

- Einteilung von Bildkompressionsverfahren
- ITU T.81 (JPEG) Kodiermethode
- Grundlagen der Waveletbasierten Verfahren
- Leistungsfähigkeit neuer Verfahren

## 3. Neue Perspektiven der Bilddatenkompression

- Skalierbarkeit
- Gemischte verlustlose / verlustbehaftete Kompression
- Schutz vor unberechtigtem Zugriff
- Objektbasierte Kompression
- JPEG 2000

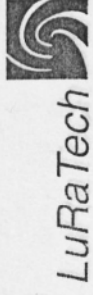
## Notwendigkeit der Bilddatenkompression

- Moderne bildgebende Systeme meist digital
  - Leistungsfähigkeit der Rechensysteme steigt, dadurch steigen die Möglichkeiten der digitalen Bildverarbeitung
  - Neue Medien (Internet) nehmen an Bedeutung zu
- Im Gegensatz dazu:
- Leistungsfähigkeit der Speicher- und Übertragungsmedien nimmt in geringerem Maße zu
  - Hohe Kosten bei breitbandigen Übertragungsmedien (ATM)
  - Breitbandige Medien nicht verfügbar (Fernerkundung, Raumfahrt)
  - Guter Ausbau und Verfügbarkeit schmalbandiger Medien (ISDN, Mobilfunk)

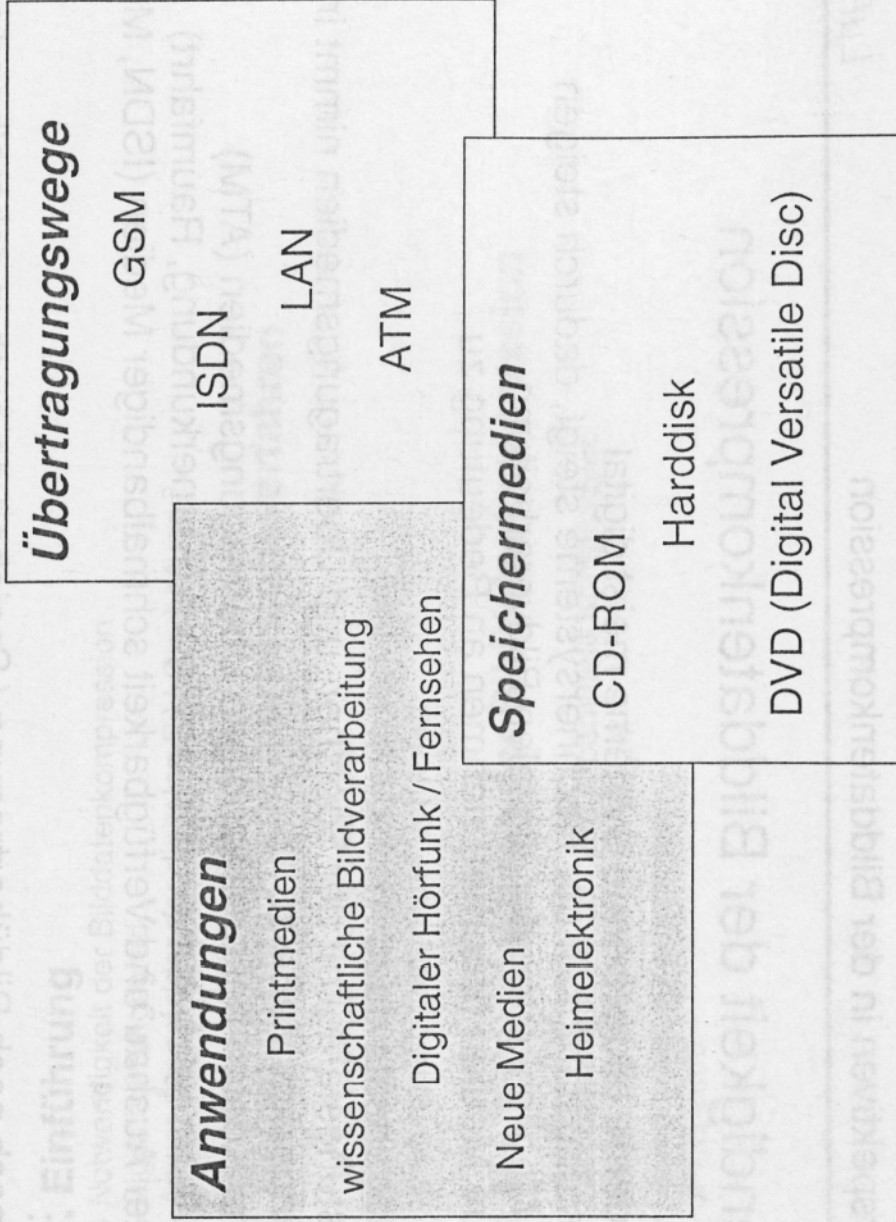
Aber:

- Wunsch nach Bildübertragung / Speicherung auch in schmalbandigen Medien erwünscht

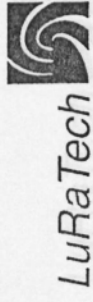
Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression



## Steigender Digitalisierungsgrad



## Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression



### **Anwendungsfelder neuer Kompressionsverfahren**

Internet / WWW

Digitale Bilddatenbanken  
Client-Server Systeme

Sicherheitskameras  
Videoeinzelbilder

Scanner / Digitalkopierer  
Elektronische Fotografie  
Druckvorstufe  
Dokumentenverarbeitung  
Faksimile  
Fernerkundung  
Medizinische Bildverarbeitung

(Quelle JPEG 2000)

## Bildkompressionsverfahren

Verlustfrei

Verlustbehaftet

Dokumente  
(künstliche Bilder)

TIFF-FAX G4  
JBIG

Waveletbasierte Verfahren

Fotografien  
(natürliche Bilder)

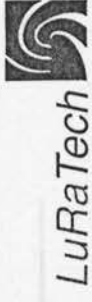
JPEG LS  
TIFF

JPEG  
FRAKTALE

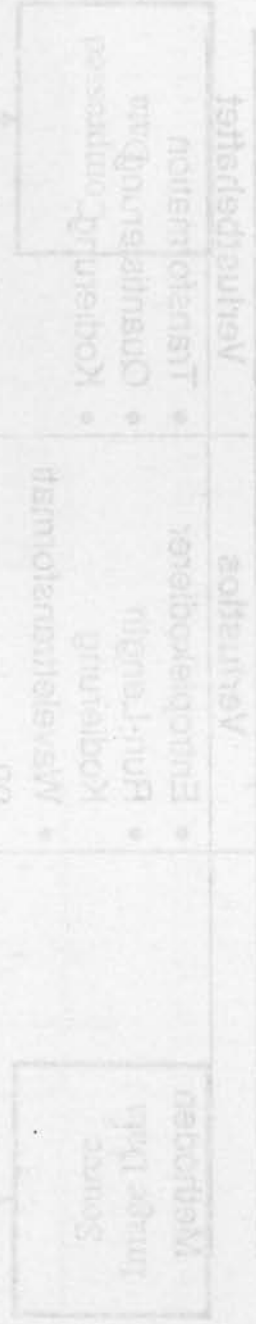
Waveletbasierte Verfahren



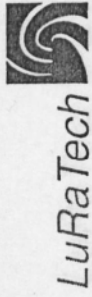
## Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression



## 2. Gegenwärtige Bildkompressionsstandards

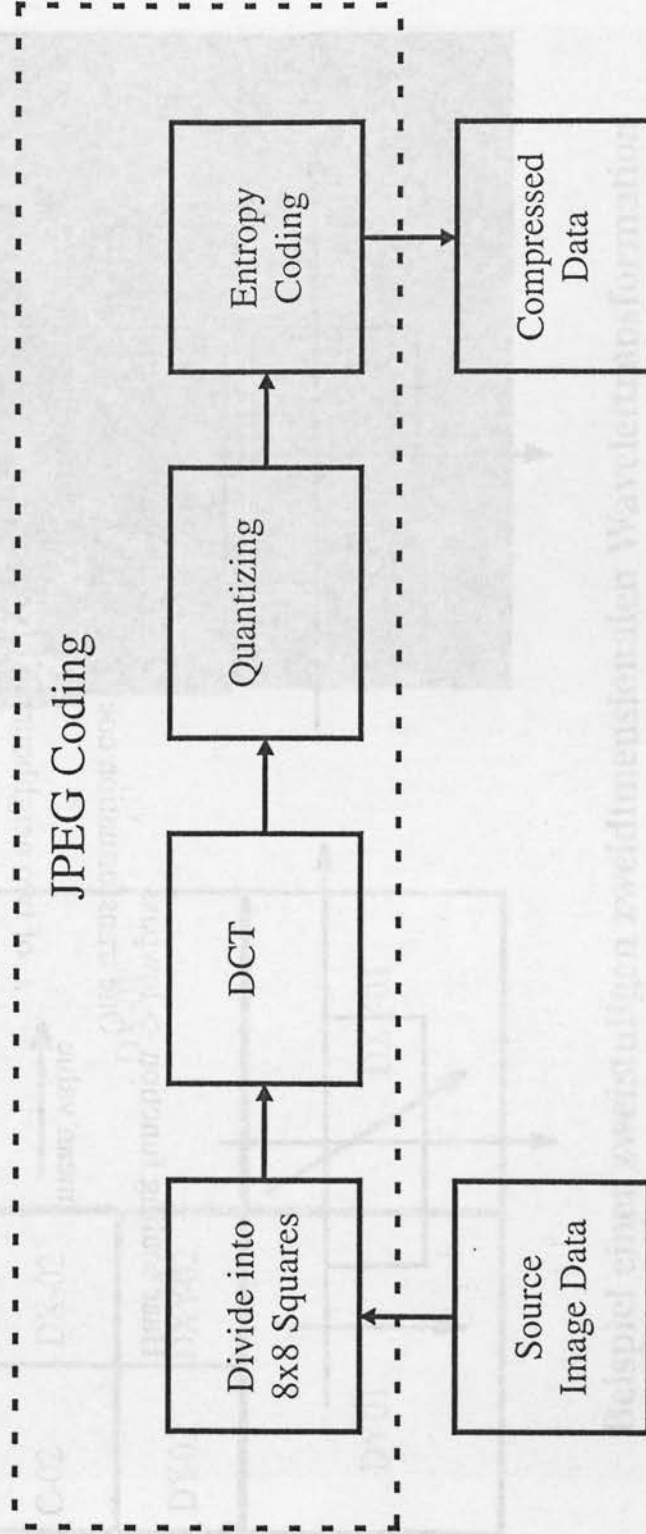
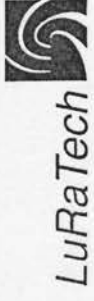


## Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression

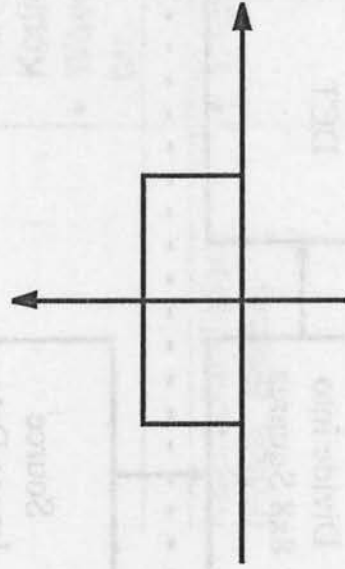
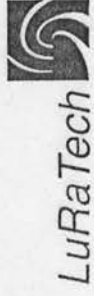


	Verlustlos	Verlustbehaftet
Methoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entropiekodierer</li> <li>• Run-Length Kodierung</li> <li>• Wavelettransformati on</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformation</li> <li>• Quantisierung</li> <li>• Kodierung</li> </ul>
	<b>Erreichbare Kompressionsraten</b>	
Natürliche Bilder (Fotos, Scans)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1:1,5 - 1:2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1:1,5 - 1:15 (visuell verlustfrei)</li> <li>• 1:10 - 1:200 verlustbehaftet</li> </ul>
künstliche Bilder (Strichzeichnungen, Dokumente)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1:1,5 - 1:20</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1:1,5 - 1:10</li> </ul>
Bildformate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TIFF-LZW</li> <li>• Fax, BMP, PCX</li> <li>• JBIG</li> <li>• LWF</li> <li>• Lossless JPEG (JPEG-LS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• JPEG</li> <li>• LWF, WV</li> <li>• FIF</li> </ul>

# Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression



# Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression

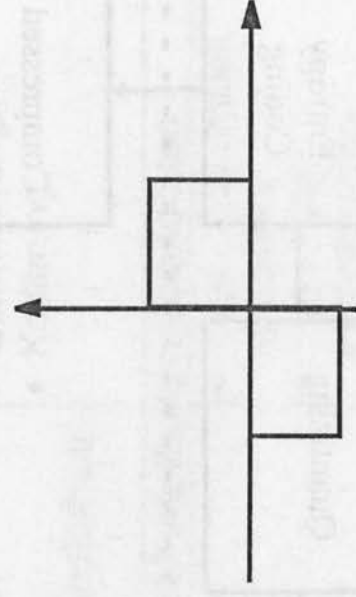


Haar scaling function -> lowpass

One transformation coefficient is ...

mean value

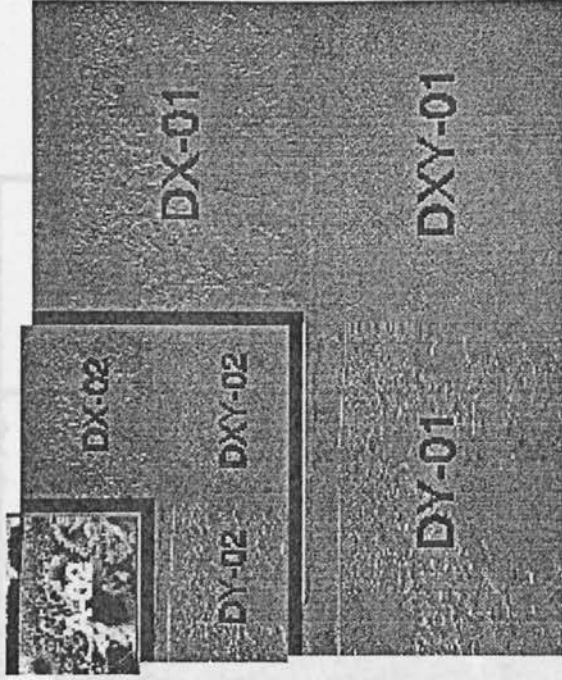
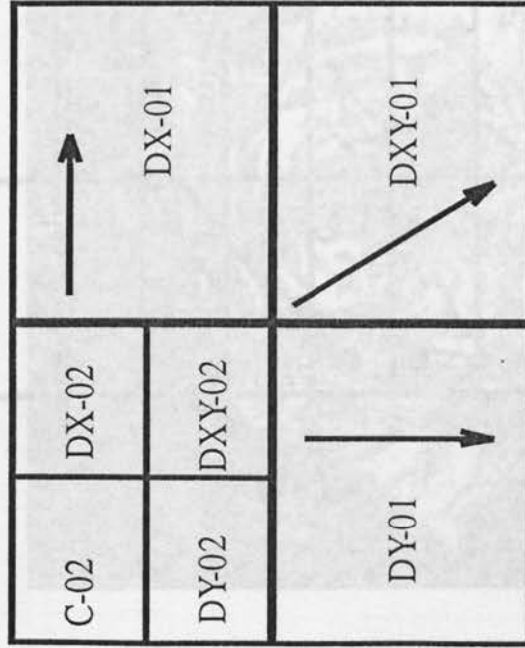
... of two neighbouring pixels



Haar Wavelet -> highpass

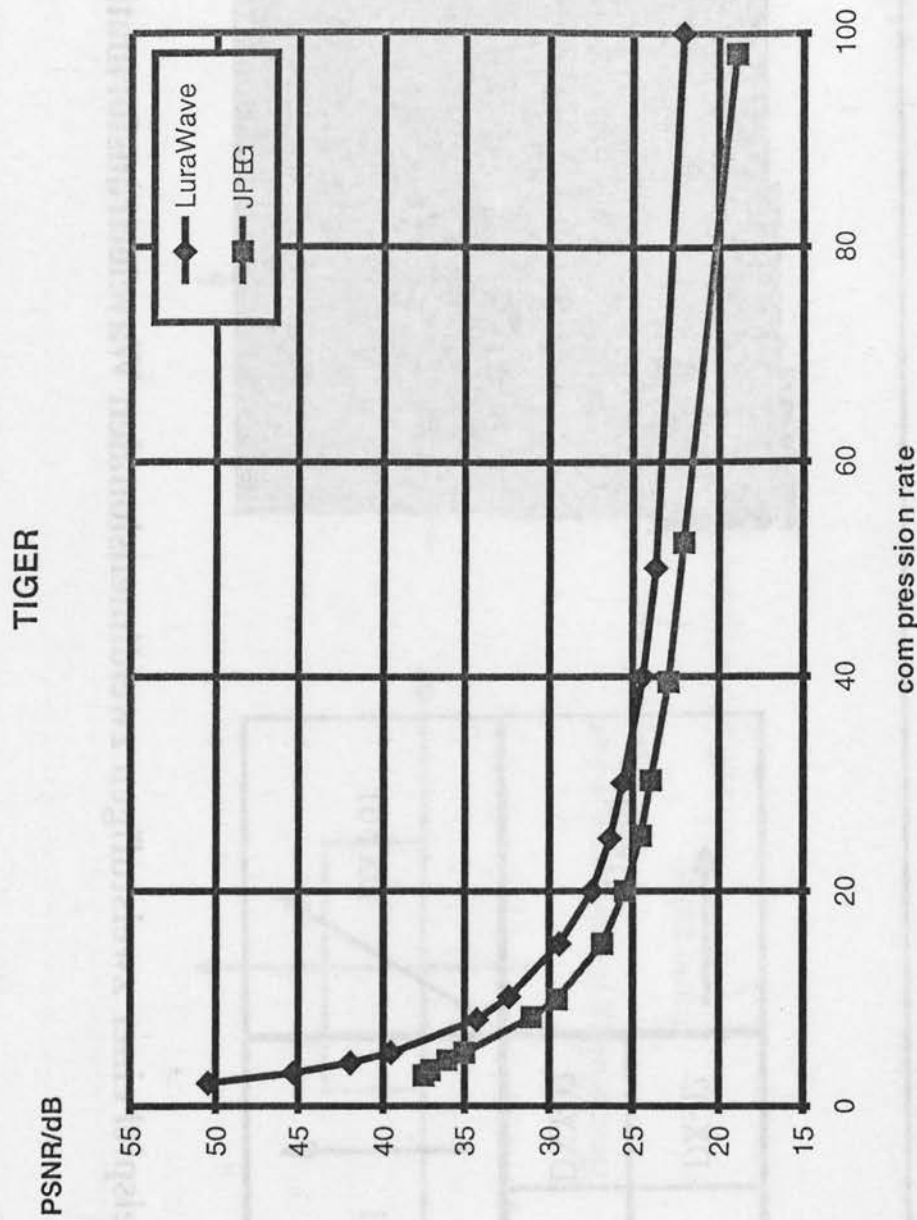
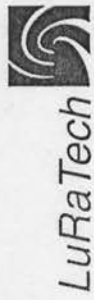
difference

## Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression

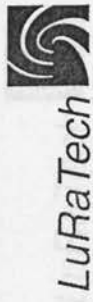


Beispiel einer zweistufigen zweidimensionalen Wavelettransformation

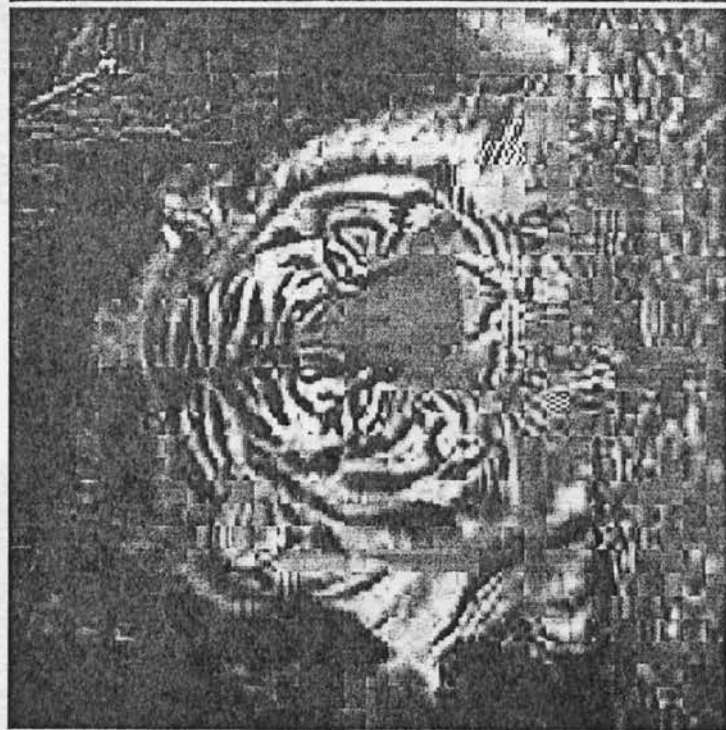
# Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression



Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression



## Visueller Vergleich JPEG-Wavelet



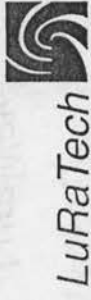
JPEG-Kompression 1:50



Wavelet-Kompression (LWF 1:50)



## Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression

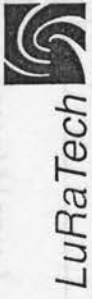


LuRaTech

### 3. Neue Perspektiven der Bilddatenkompression



## Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression



### Skalierbarkeit

stark verlustbehaftet

Bildqualität skalierbar

Verlustlos

### LuraWave - Datei



200 Bytes

Schneller Bildaufbau

Bildgröße  
skalierbar



Volle Dateigröße, volle Bildqualität  
verlustlose Archivierung



Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression



LuRaTech

## Gemischte verlustlose / verlustbehaftete Kompression

Definition der "Region of interest"



vor der Kompression

stark verlustbehaftete Kompression des Gesamtbildes  
aber **verlustlose** Kompression der "Region of interest"



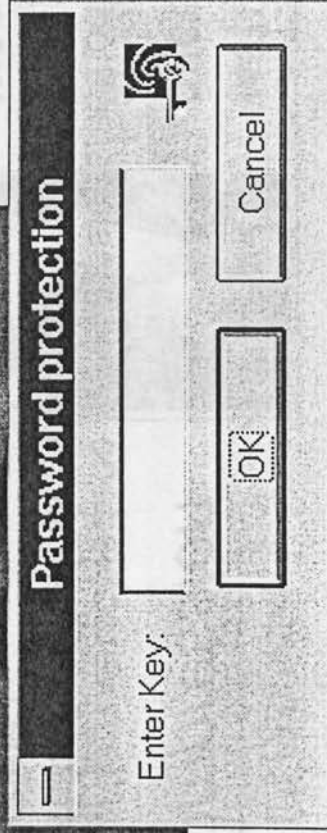
LuraWave<sup>®</sup> Kompression  
Kompressionsrate 1:100

LuraWave<sup>®</sup>  
Hochleistungs-Bilddatenkompression

Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression



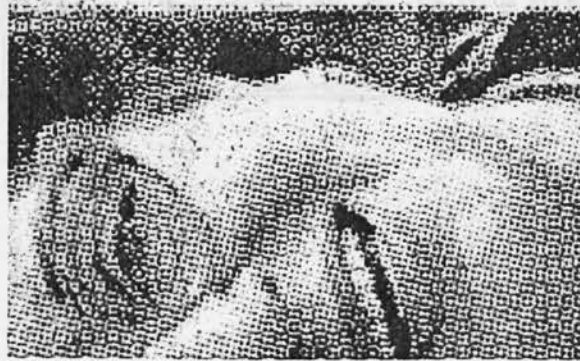
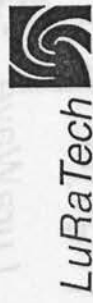
## ***Verschlüsselung der Bildinformation***



**LuraWave<sup>®</sup>**  
Hochleistungs-Bilddatenkompression



## Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression



Hieb- und  
Der Sena  
stellung  
aller Hiel  
waffen u

1:20



Hieb- und  
Der Senat  
gu  
ieb  
Der Senat ur.

1:50



Hieb- und  
Der Senat  
ng u  
ieb  
n un

1:100



Hieb- und  
Der Senat  
stellung u  
aller Hieb  
waffen ur.

Verschiedene Verfahren für Text- und Bildanteil

- bitonale Waveletkompression für Text
- LuraWave Kompression für Bildanteil

Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression

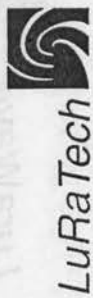
LuRaTech



LuraWave®

Hochleistungs-Bilddatenkompression

Neue Perspektiven in der Bilddatenkompression



# Anwendung in Bilddatenbanken

The screenshot shows a Netscape browser window displaying a website titled "Luralimage Demo". The browser's address bar shows the URL "http://www.luratech.de/luraimage/frames2.asp". The website interface includes a navigation menu with links for "Home", "Redaktion", "Suchen", "Kategorien", "Index", "Filtern", "Sortierung", "Optionen", "Anmeldung", and "Hilfe". The main content area is titled "Listenansicht" and displays a grid of image thumbnails with associated text. The thumbnails are arranged in two columns and three rows. The first column contains thumbnails for "Rollover des Space Shuttle Columbia" (Ref. SH0001), "Austausch der Haupttriebwerke" (Ref. SH0004), and "Rollover des Space Shuttle - 2, Test" (Ref. SH0003). The second column contains thumbnails for "Einbau eines Haupttriebwerks in das Shuttle" (Ref. SH0006), "Einbau des Haupttriebwerks Nr.3 mit dem Engine Vertical Installer", and "Spacelab-Modul" (Ref. Unbenannt). The third row contains thumbnails for "Spacelab-Modul" (Ref. Unbenannt) and "Montage des Racks". The footer of the website reads "Luralimage Demo, Copyright by LuRaTech GmbH".



### Ziel neuer Datenkompressionsverfahren

- verlustlose / verlustbehaftete Kompression
- Hohe Bildqualität bei verlustbehafteter Kompression
- Einsatz in vielen Anwendungsfeldern
- Offene Struktur, Anwendungsspezifische Verfahren
- Integration mehrerer leistungsfähiger Algorithmen
- Erweiterbarkeit

## JPEG 2000

- Zusammenfassung und Ergänzung der bisherigen Standards
- Start der Standardisierungsphase

### Anwendungsfelder von JPEG 2000

- natürliche Bilder
- wissenschaftliche, medizinische und Fernerkundungsbildverarbeitung
- Texte / Dokumente
- Bildarchive
- Systeme mit begrenzter Bandbreite

### Eigenschaften von JPEG 2000

- Gute Qualität auch bei hohen Kompressionsraten
- Verlustlose und verlustbehaftete Kompression
- Große Bilder (größer als 64000 x 64000)
- einzige Dekompressionsarchitektur
- Robustheit gegenüber Übertragungsfehlern
- Tauglichkeit für Computergenerierte Bilder
- Dokumentenkompression (bitonale Kompression)



## JPEG 2000

- Progressiver Bildaufbau
- Multiresolution / Skalierbarkeit
- Einstellbarkeit der Kompressionsrate
- Kompression bei begrenztem Arbeitsspeicher
- Wahlfreier Zugriff im Datenstrom, Dekompression von Bildanteilen
- Offene Architektur (Toolbox, Kodierung von unbekanntem Algorithmen)
- Echtzeitfähigkeit
- Abwärtskompatibilität mit JPEG
- Bildinhaltsangaben (Suche in Bilddatenbanken)
- Bildsicherheit, Verschlüsselung
- Interface mit MPEG 4
- Übertragung von Transparenzinformation

## JPEG 2000 / Standardisierungsprozeß

- Einbringen von Algorithmvorschlägen / Architekturvorschlägen (bis Okt. 1997)
- Auswahl der Algorithmenvorschläge (Nov. 1997)
- Algorithmen Diskussionen (bis März 1998)
- Weitere experimentelle Resultate (März 1998)
- Arbeitsentwurf (März bis Juli 1998)
- entgeltlicher Arbeitsentwurf (Juli 1998)
- Komiteeentwurf (Committee Draft CD Juli 1998)
- entgeltlicher Entwurf (März 1999)
- Standardisierungsentwurf (Draft International Standard Nov. 99)
- Internationaler Standard (Nov. 2000)





# Tutorial

## Werkzeuge der Bildverarbeitung und Bildarchivierung für Museen, Galerien und Bibliotheken

### „Grundlagen der Bildverarbeitung und Bildanalyse“

Prof. Dr. sc. Gerd Stanke

Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V.

Rudower Chaussee 5, Geb. 13.7                      D-12484 Berlin

Tel.: +49 (0)30 6392-1610                      Fax: +49 (0)30 63921602

e-mail: stanke@gfai.de

#### Inhalt:

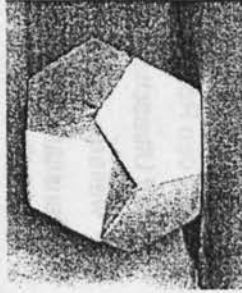
- Bilder
- Sehen beim Menschen, Bilddarstellung im Rechner
- Bildverbesserung (des Eindruckes)
- Bildfilterung (linear / nichtlinear)
- Bildanalyse
- Bildlicher Zugriff zu Bilddatenbanken
- Literatur / A. Geschke, „Nutzung elektronischer Bilder in Museen“  
Material aus dem Institut f. Museumskunde,  
Heft 42

**Ziel:** *Aufgeschlossenheit für die Potentiale der Bildverarbeitung  
hinsichtlich:*

- Präsentation
- Analyse
- Vergleich
- Archivierung



**Bilder - Beispiele**  
unterschiedlicher Erscheinungsformen



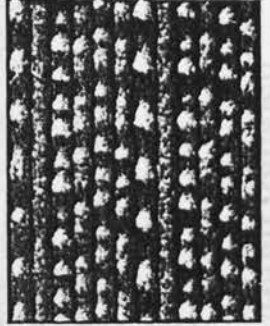
Merklenburgisd  
 erddeutsches  
 Merklenburgisd  
 erddeutsches

DGSP

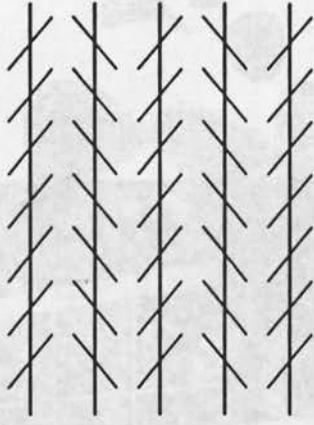
Deutsche Gesellschaft für  
 zerstörungsfreie Prüfung e.V.

4. Internationale Konferenz  
 zerstörungsfreie Untersuchungen an  
 Kunst- und Kulturgütern

Regina 3.-8. Oktober 1991



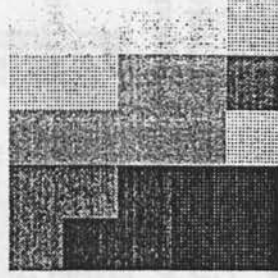
**Sehen beim Menschen**



Bildelemente werden durch den Menschen in ihrem Kontext  
 wahrgenommen.

**Sehen des Rechners**

Der Rechner sieht das Bild durch ein Operatorfenster, z.B. so:



## Bilddarstellung in einem oder mehreren Kanälen

### Schwarz/Weiß Bilder

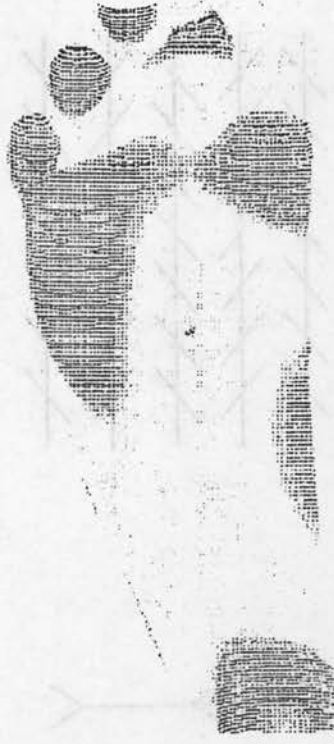
- ein Intensitätskanal: gängig 256 Stufen aber auch 1024 und mehr
- Die Intensität kann bezogen sein auf:
  - das gesamte sichtbare Spektrum
  - einen ausgewählten Spektralbereich, einschließlich IR und UV
  - auf den Röntgenstrahlbereich
  - auf Ultraschallsignale
  - weitere
- Intensitätsdifferenzen können durch Falschfarbdarstellung verdeutlicht werden
- Farbe als Overlay im Schwarz/Weiß-Bild zur Kennzeichnung von Strukturen oder Bereichen

### Farbbilder / im allgemeinen 3 Kanäle

- Übliche spektrale Farbräume sind:
  - RGB Rot / Grün / Blau,
  - CMY Cyan / Magenta / Yellow,sie sind ineinander überführbar.
- Der HSI-Raum - Hue / Saturation / Intensity  
Dieser Raum wird häufig für Bildanalyseaufgaben bevorzugt, da z.B. Sättigung und Tönung als einzelne Parameter direkt zu beeinflussen sind. HSI und RGB sind ineinander überführbar.

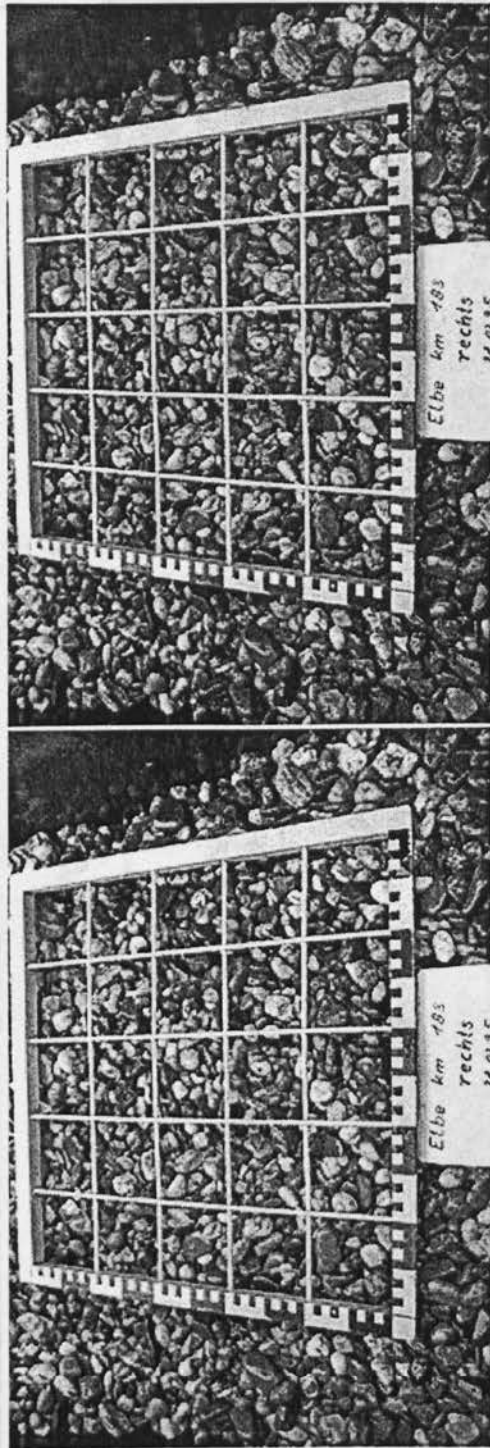
## Multispektrale Bilddarstellung

- Farbbilder im obigen Sinne sind multispektrale Bilder.
- 3 Farbkanäle werden oft ergänzt durch einen IR-Kanal (z.B. bei archeologischen Ausgrabungen).
- Hochleistungsaufnahmesysteme (z.B. VASARI - Scanner) arbeiten mit bis zu 7 Kanälen des sichtbaren Spektrums.
- Verschiedene Strahlungsquellen und Spektralbereiche sind zu multispektralen Bilddarstellungen kombinierbar, z. B. UV-Strahlen, Röntgenstrahlen etc., um so Eigenschaften des Bildmaterials auszunutzen.
- weitere Informationen, die den Bildpunkten zuordenbar sind, wie z. B. die Temperatur oder die Tiefe eines Gegenstandes.



zu einem Pixelbild ergänzende Tiefendarstellung





**Output LUT Colors**

Red LUT    Green LUT    Blue LUT

Histogram    Apply Function:    Normal

Colorize Range  
 Upper: 255    Lower: 0    Apply Color

Black    White    Red    Green

RGB-Farbraum

**Output LUT Colors**

Farbton    Farbsättigung    Intensität

Histogram    Apply Function:    Normal

Colorize Range  
 Upper: 255    Lower: 0    Apply Color

Black    White    Red    Green

HSI-Farbraum

# Eingabesysteme für Bilder

Gerät	typische Auflösung	technische Bemerkung	Anwendungsbemerkung	Preisspanne DM
CCD-Kamera	768x576 2048x2048	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-Chip / 3-Chip</li> <li>abgesetzte Köpfe</li> <li>Endoskopie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niedrigpreis bis Hochleistung, Preis steigt mit Auflösung</li> </ul>	1500 20.000 (40.000)
Digitale Kamera	Entwicklung 640x480 1500x1200	<ul style="list-style-type: none"> <li>kleines Bildfeld</li> <li>oft Festobjektiv</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>off-line einsetzbar</li> </ul>	350 4000
Flachbettscanner	600x600dpi und weit mehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variante als Diascanner</li> <li>Durchlichtaufsätze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relation zwischen physischer und interpolierter Auflösung beachten</li> <li>1-Pass / 3-Pass</li> </ul>	400 2.000
Handscanner	600x600dpi und mehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>überraschend leistungsfähig</li> </ul>		100
Kamerascanner	2.500x2.500 5.000x6.000	<ul style="list-style-type: none"> <li>bei back-pack digitales und analoges Bild aufzeichnbar</li> <li>Hochfrequenzbeleuchtung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>relativ lange Scanzzeit (stabile Verhältnisse erforderlich)</li> </ul>	350 5.000
Spezialscanner (z.B. VASARI-Scanner)	5.000x5.000 vielfach 20.000x20.000 und mehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>x,y-Tisch</li> <li>Subpixelshift</li> <li>Spezialsoftware</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>z.Zt. nicht transportabel</li> </ul>	20.000

Software beachten:

Bearbeitung von Bildern:  
Bildanalyse:

PSP, Photoshop, Corel-Draw, Photostyler, ...  
Optimas, VISILOG, Heurisko, Khoros, ...



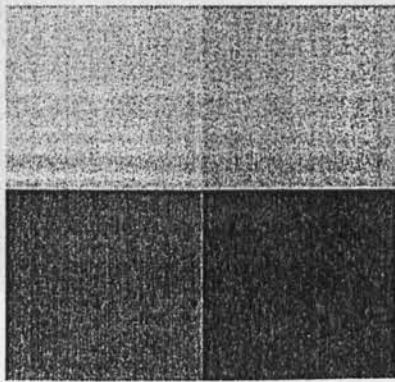
EVA Berlin / Tutorial

Stanke

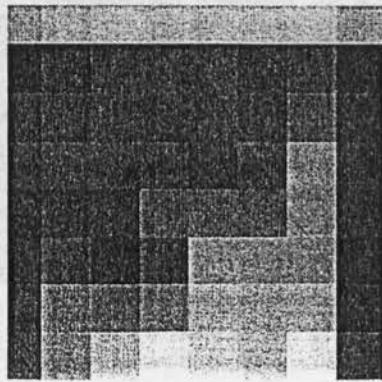
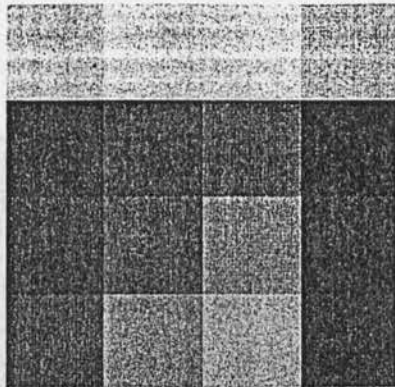
Bilder haben eine konkrete Darstellungsform und benötigen Speicherplatz im Rechner.

Unterschiedliche geometrische Auflösungen:

2x2



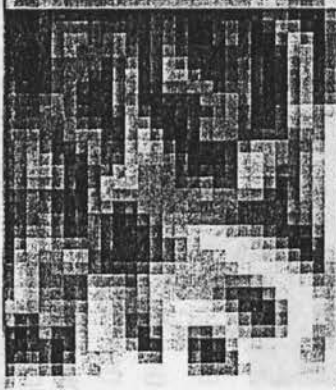
4x4



8x8

16x16

32x32



64x64



128x128

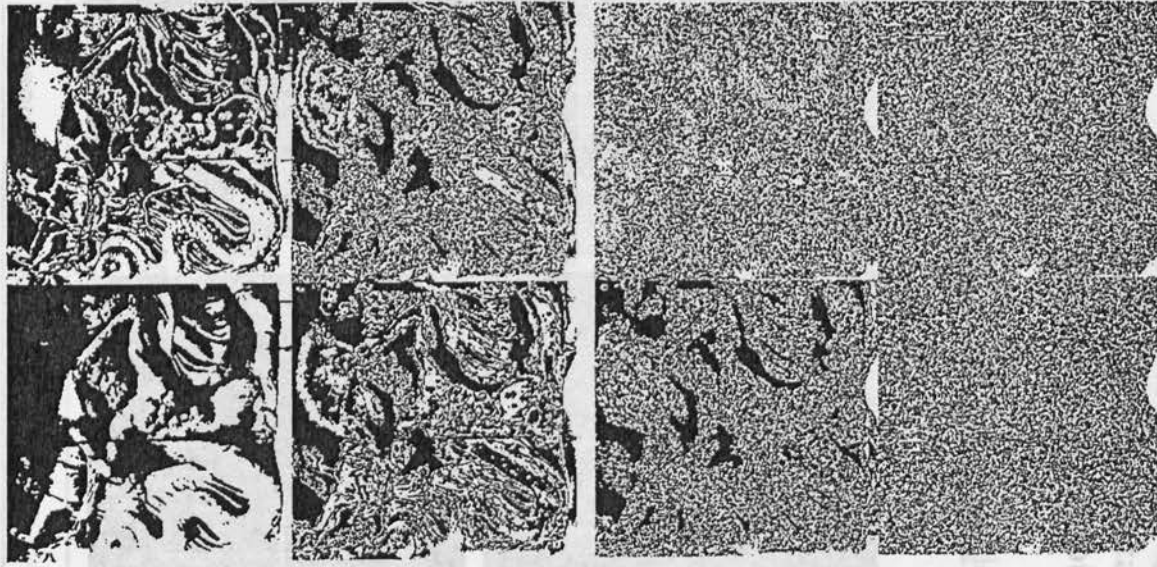


256x256



und auch höhere Auflösungen

Die Bitebenen tragen unterschiedlich relevante Anteile an Informationen (von  $2^7$  bis  $2^0$ )



Jedes Bild benötigt eine bestimmte Menge an Speicherplatz

Auflösung: 512x512x8



Auflösung: 128x128x4 (vergrößert)



Verhältnis des Speicherbedarfs: 32:1

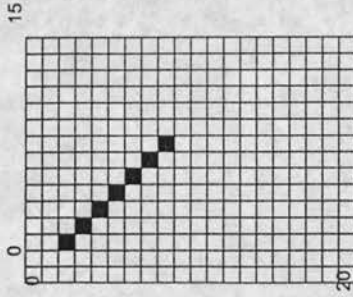
Auflösung: 128x128x4 (Originalgröße)



Die Auflösung eines Bildes ist dem Verwendungszweck anzupassen. Ist sie angepasst, dann ist sie „gut“, sonst „schlecht“.

## Rasterbilder, Vektorbild

Darstellung einer Linie in einem Rasterbild



Darstellung der gleichen Linie in Vektorform

Linie	$X_{\text{start}}$	$Y_{\text{start}}$	$X_{\text{end}}$	$Y_{\text{end}}$	Farbwert	Attribut
	2	2	8	8	0 (schwarz)	gerade

Bei Darstellung auf Screen muß die Rasterform generiert werden.

**Richtlinie für Überführung**

Vektorform  $\Rightarrow$  Rasterform, leicht  
 Rasterform  $\Rightarrow$  Vektorform, schwierig

**Bildkodierungen und Bildkompression**

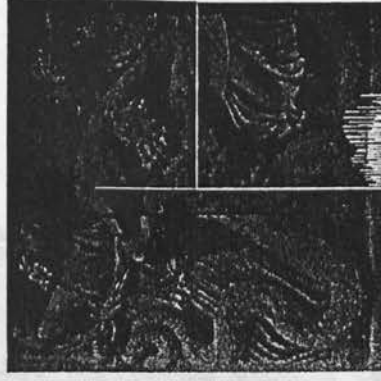
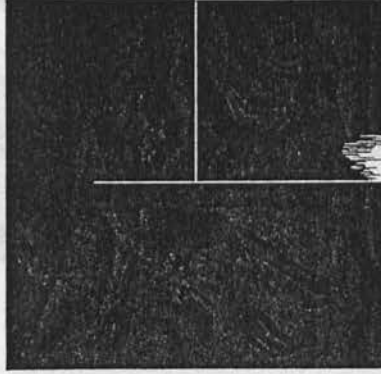
## Bildverbesserung (des optischen Eindrucks)

Über Histogrammtransformationen

(lineare oder nichtlineare Übertragungskurve z.B.  $\gamma$ -Korrektur)

Beispiel: lineare Histogrammspreizung

Negativbild



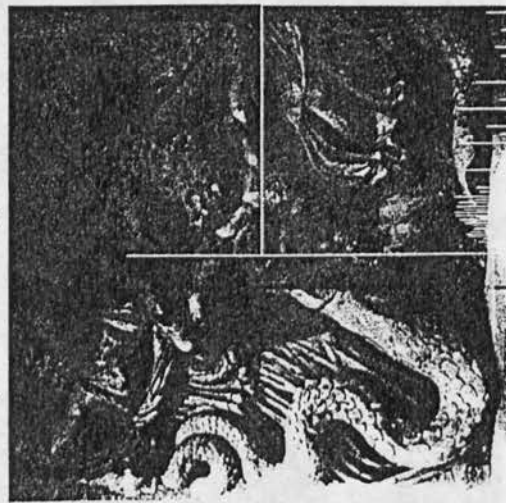
Negativbild

**Beispiel einer nichtlinearen  
Histogrammtransformation  
zur Detailanalyse**

Originalbild

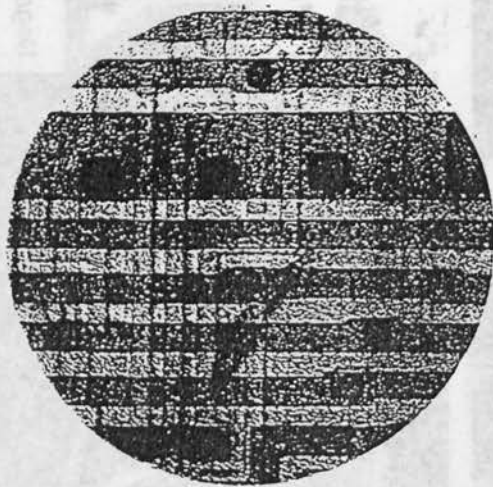


„Verfälscht“ für Analyse der Schlangenhaut



**Beleuchtung!**

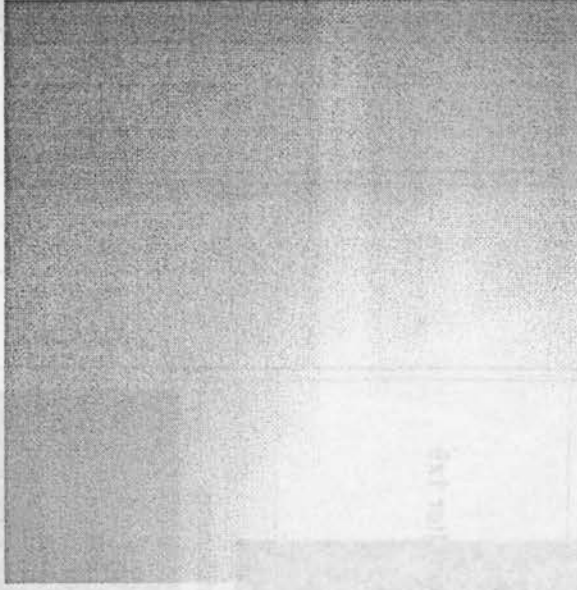
Ist eine Wissenschaft für sich, das wissen die Photographen.



**Beispiel für die Korrektur von Shading,  
das durch ungünstige Aufnahmebedingungen entstanden ist.**



Originalaufnahme:  
ungleichmäßig ausgeleuchtet



Problem: Referenzbild der  
Beleuchtungsbedingungen



Ergebnis der Verrechnung:  
Korrigiertes Bild

## Filteroperationen über Bildern

(Zur Rauschunterdrückung, Störungsbeseitigung, Bildverschärfung etc.)

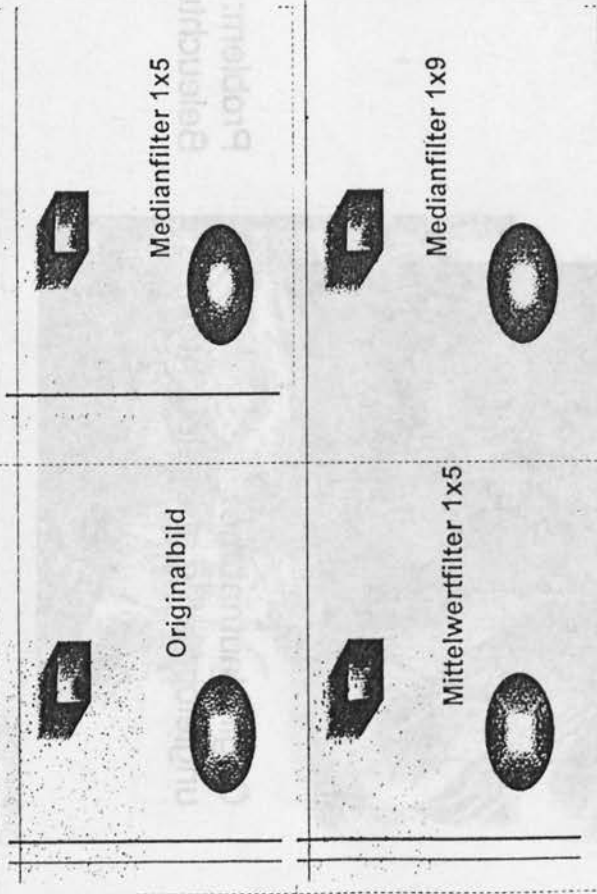


Bild nach Mittelwertfilterung

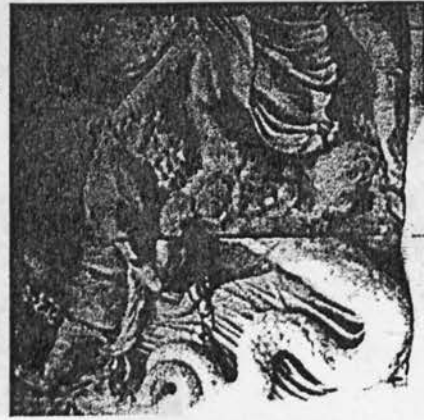
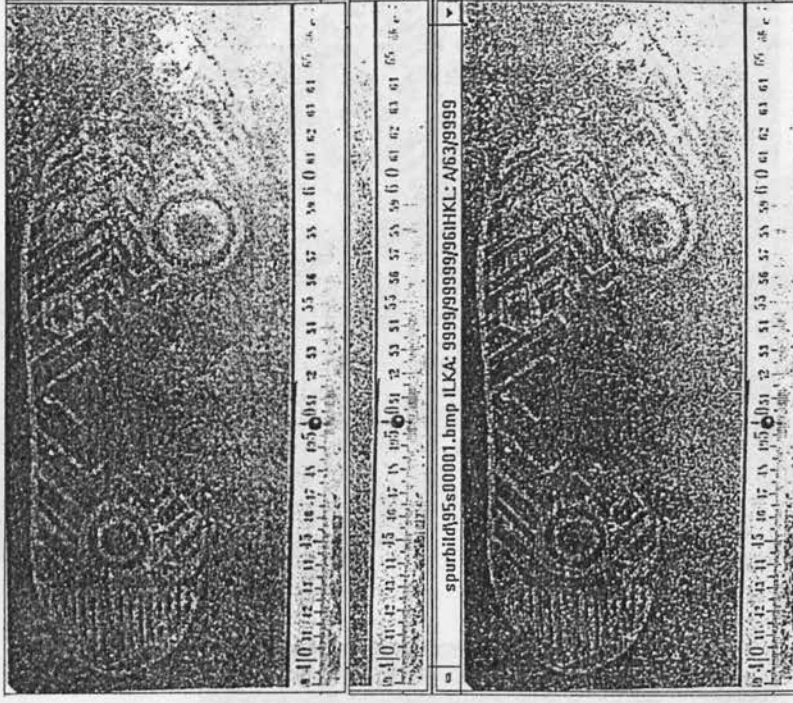


Bild nach Medianfilterung



## Bildverschärfung durch Nutzung der 2. Ableitung im Ortsfrequenzbereich

Original

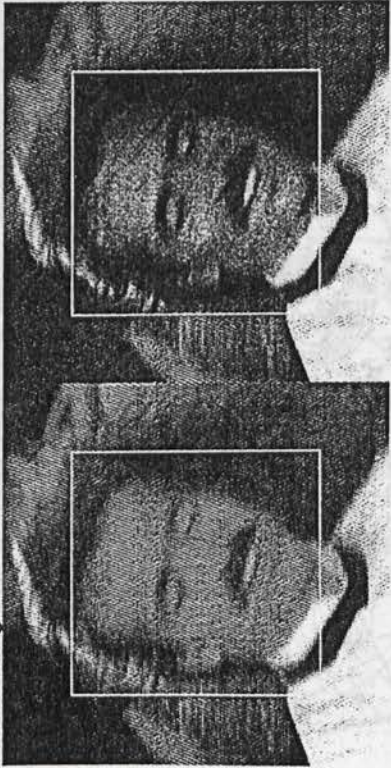


verschärftes Bild

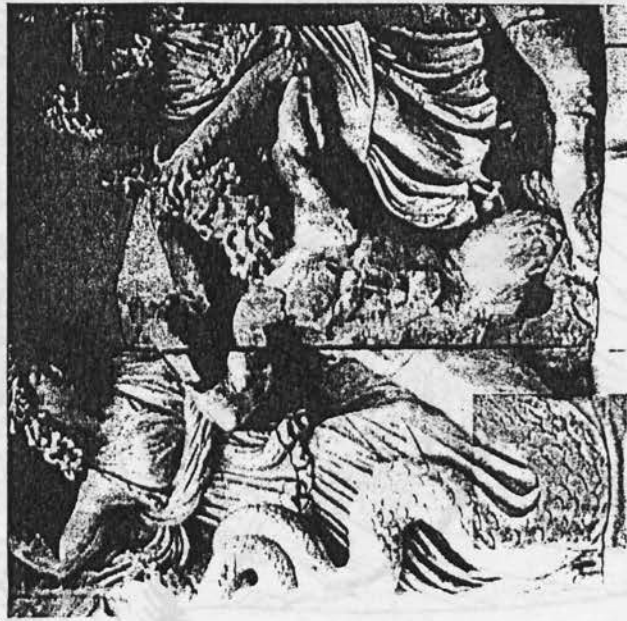


## Fourier-Transformation für Bildrestaurierung und Bildanalyse

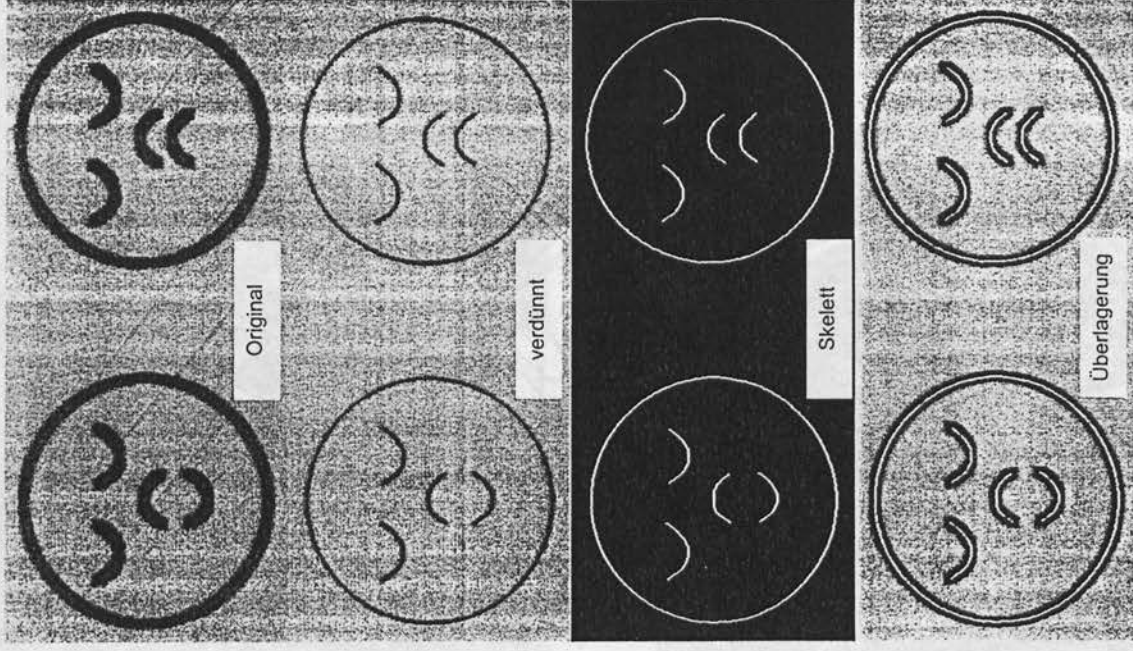
Bildrestaurierung



Bildanalyse



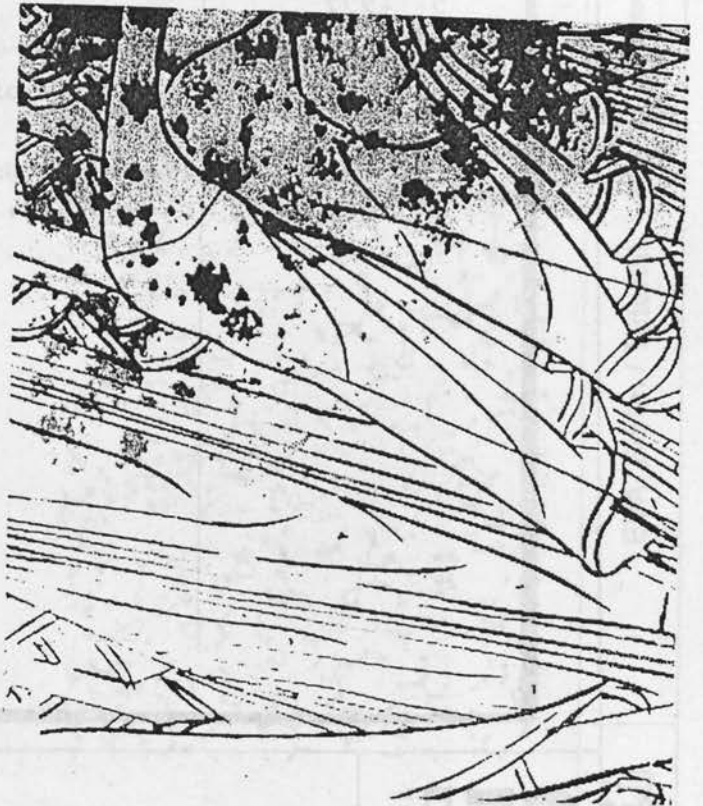
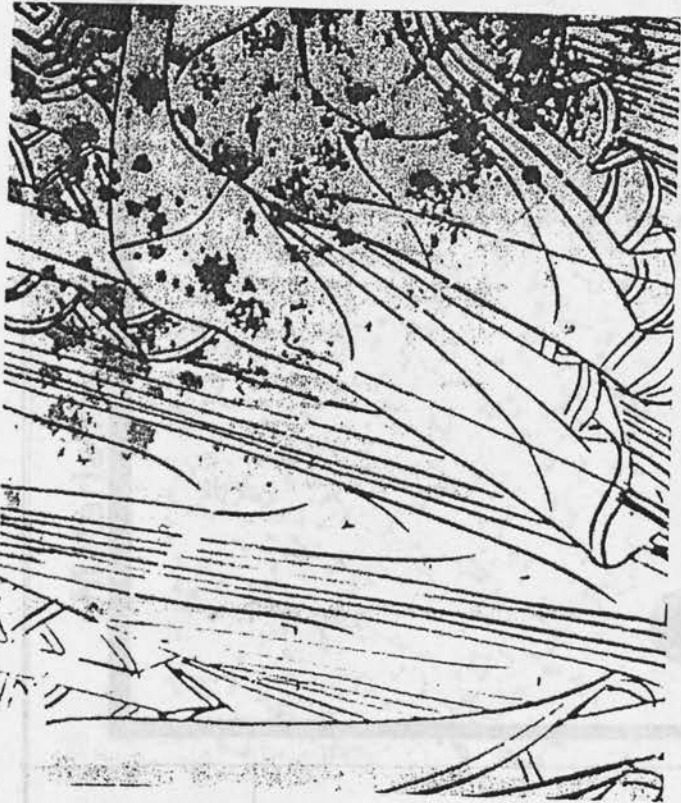
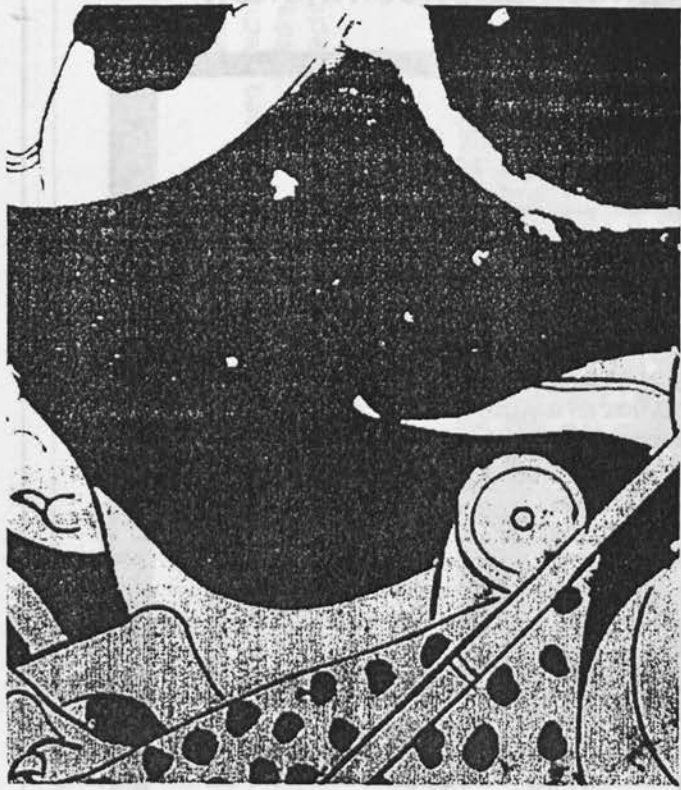
## Morphologische Filter





Filterpapier  
Bilder  
der 2. Abteilung im Buchdruck

Filterpapier  
Bilder  
der 2. Abteilung im Buchdruck



Stamps

EVA Behlin \ Tutorial

Stamps

# Trennung unterschiedlicher Informationseinheiten

1982 A 407

Welzmueller, Rudi

Einkommens-  
verteilung

Verteilungspolitik unter veränderten  
Rahmenbedingungen.

In: Schäfer, Claus; Standfest, Erich;  
Welzmüller: Verteilung und Umver-  
teilung unter veränderten Wachstums-  
bedingungen.

Köln 1982. S. 1-11.

4/82 Wa/Ga

HWWA-Institut für Wirtschaftsforschung-Hamburg

S 242  
5. 1959

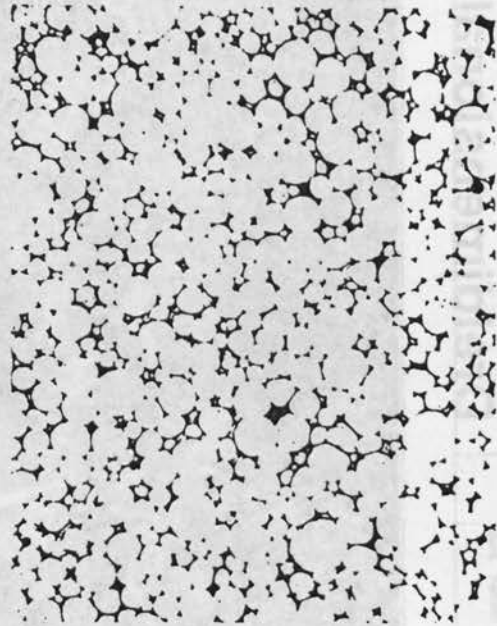
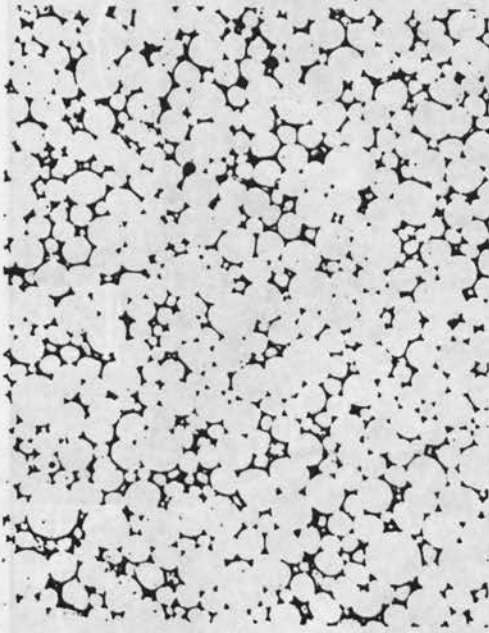
Yao, Jiro

Wirtschafts-  
theorie,  
monetär

A survey of development in money-effect  
analysis

in: Kobe University economic review.  
Rokko, Kobe 1959. H. 5. S. 21-45.

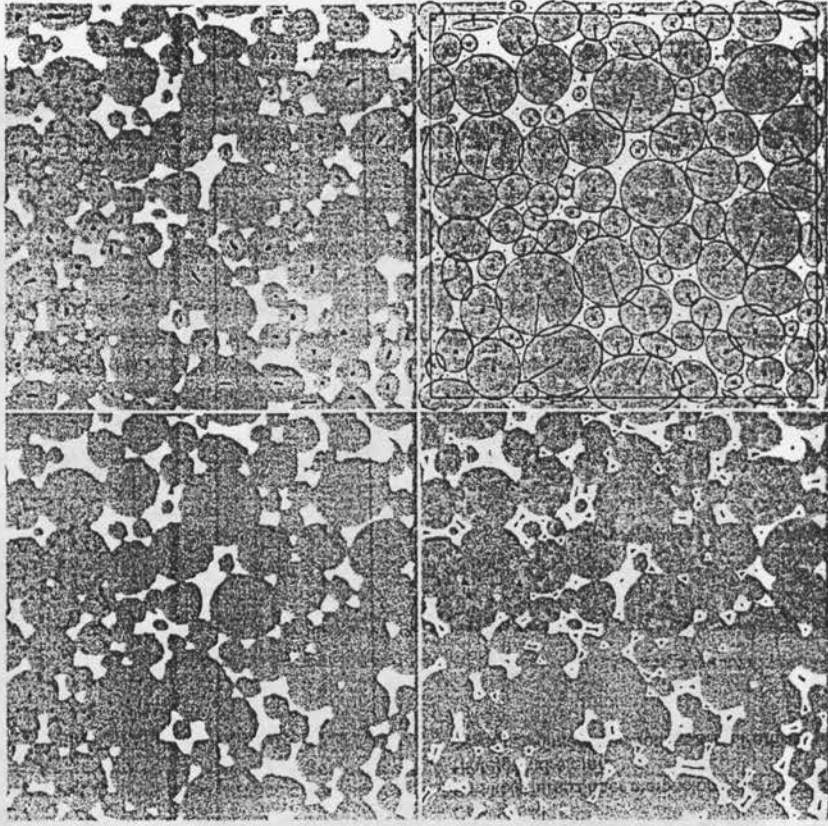
## Materialanalyse



## Schritte einer Partikelanalyse:

- Originalbild (links oben)
- Partikelreferenz über morphologische Operationen (rechts oben)
- Hintergrundreferenz (links unten)
- gekennzeichnete und vermessene Partikel (rechts unten)

zus\_53sw.tif



# Dreidimensionalität aus zweidimensionalen Bildern



## „Alle Männer mit Hut?“ - „automatisierter Zugriff zu Bilddatenbanken?“



Datenbanken, die Bilder handeln können, gibt es viele:

- klassische
- viele werden mit Scanner und Kamera ausgeliefert
- in Bildanalyseprogrammen integriert

Im Einzelfall ist der Einsatz abzuwägen.

Problem der Bilddatenmengen.

Möglichkeiten der Komprimierungen:

- verlustlos/verlustbehaftet
- LZW, JPEG, Wavelets





## Literatur zur Bildverarbeitung (Auswahl)

<i>Autor/Hrsg.</i>	<i>Titel</i>	<i>Angaben</i>
Abmayr, W.	Einführung in die digitale Bildverarbeitung	B. G. Teubner, Stuttgart 1994
Ahlers, R.-J., Warneke, H. J.	Industrielle Bildverarbeitung	Addison Wesley Verlag, 1991
Alliot, J.-M., Lutton, E., Ronald, E., Schoenauer, M., Snyers, D.	Artificial Svolution	Springer-Verlag, Heidelberg 1996
Baer, R.	Beleuchtungstechnik Grundlagen	Verlag Technik
Barrett, H. H., Gmitro, A. F. [Eds.]	Information Processing in Medical Imaging	Springer-Verlag, Heidelberg 1993
Bässmann, H., Besslich, P. W.	Bildverarbeitung Ad Oculos	Springer-Verlag, Heidelberg 1993
Batchelor, B. G., Walz, F.	Interactive Image Processing for Machine Vision	Springer-Verlag, Heidelberg 1993
Braccini, C., DeFloriani, L., Vernazza, G. [Eds.]	Image Analysis and Processing	Springer-Verlag, Heidelberg 1995
Breuckmann, B.	Bildverarbeitung und optische Meßtechnik in der industriellen Praxis	Franzis-Verlag, München 1993
Cantoni, V., Creutzburg, R., Levaldi, S., Wolf, G. [Eds.]	Recent Issues in Pattern Analysis and Recognition	Springer-Verlag, Heidelberg 1989
Castleman, K. R.	Digital Image Processing	
Chetverikov, D., Kropatsch, W. G. [Eds.]	Computer Analysis of Images and Patterns	Springer-Verlag, Heidelberg 1993
Chin, R., Ip, H., Naiman, A., Pong, T.-C. [Eds.]	Image Analysis Applications and Computer Graphics	Springer-Verlag, Heidelberg 1995
Colchester, A. C. F., Hawkes, D. J. [Eds.]	Information Processing in Medical Imaging	Springer-Verlag, Heidelberg 1991
Crowley, J. L., Christensen, H. I. [Eds.]	Vision as Process	Springer-Verlag, Heidelberg 1995
Cypher, R., Sanz, J. L. C.	The SIMD Modell of Parallel Computation	Springer-Verlag, Heidelberg 1994
Duncan, J. S., Gindi, G. R. [Eds.]	Information Processing in Medical Imaging	Springer-Verlag, Heidelberg 1997
Earnshaw, R. A., Wiseman, N.	An Introductory Guide to Scientific Visualization	Springer-Verlag, Heidelberg 1992
Ernst, H.	Einführung in die digitale Bildverarbeitung	Franzis Verlag, München 1991

<b>Autor/Hrsg.</b>	<b>Titel</b>	<b>Angaben</b>
Fachabt. Ind. Bildverarbeitung/Machine Vision der Fachgemeinschaft Robotik+Automation im Verband Deutscher Maschinen- u. Anlagenbau e. V. (VDMA) [Hrsg.]	Industrielle Bildverarbeitung/Machine Vision: Märkte, Trends, Bezugsquellen	MaschinenbauVerlag - VDMA, Frankfurt a. M. 1996
Frisknecht, A.	Beleuchtungseinrichtungen für die industrielle Bildverarbeitung, Tagungsband, Symposium Bildverarbeitung	TAE 1989
Fritsch, K.	Maschinelles Sehen	Akademie Verlag, 1991
Frost & Sullivan	The European Market for Industrial Vision Systems	1992
Galbiati, L. J. Jr.	Machine Vision and Image Processing Fundamentals	Prentice-Hall, 1990
Garcia, G., Herman, I. [Eds.]	Advances in Computer Graphics VI	Springer-Verlag, Heidelberg 1991
Gauch, J. M.	Multiresolution Image Shape Description	Springer-Verlag, Heidelberg 1992
Gomes, J., Velho, L.	Image Processing for Computer Graphics	Springer-Verlag, Heidelberg 1997
Gonzales R. C., Woods, R. E.	Digital Image Processing	Addison Wesley Pub. Comp., Reading (etc.), 1993
Graham, D., Barrett, A.	Knowledge-Based Image Processing Systems	Springer-Verlag, Heidelberg 1997
Granger, P. M.	Die Optik in der Bildgestaltung	Vogel-Verlag, Klosterneuburg 1989
Haar Romeny, B., Florack, L., Koenderink, J., Viergever, M. [Eds.]	Scale-Space Theory in Computer Vision	Springer-Verlag, Heidelberg 1997
Haberäcker, P.	Digitale Bildverarbeitung: Grundlagen und Anwendungen	Hanser Verlag, München 1991
Hauske, G.	Systemtheorie der visuellen Wahrnehmung	B. G. Teubner, Stuttgart 1994
Hecht, E.	Optik	Addison Wesley Pub. Comp., 1989
Höhe, K. H., Fuchs, H., Pizer, S. M.	3D Imaging in Medicine	Springer-Verlag, Heidelberg Berlin 1990
Höhne, K. H., Kikinis, R. [Eds.]	Visualization in Biomedical Computing	Springer-Verlag, Heidelberg 1996

<i>Autor/Hrsg.</i>	<i>Titel</i>	<i>Angaben</i>
Iwainsky, A., Wilhelmi, W.	Lexikon der Computergrafik und Bildverarbeitung	Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden 1994
Jähne, B.	Digitale Bildverarbeitung	Springer-Verlag, Heidelberg 1997
Jähne, B.	Spatio-Temporal Image Processing	Springer-Verlag, Heidelberg 1993
Jähne, B., Massen, R., Nickolay, B., Scharfenberg, H.	Technische Bildverarbeitung - Maschinelles Sehen	Springer-Verlag, Heidelberg 1996
Kanatani, K.	Group-Theoretical Methods in Image Understanding	Springer-Verlag, Heidelberg 1990
Katsaggelos, A. K. [Ed.]	Digital Image Restoration	Springer-Verlag, Heidelberg 1991
Klette, R., Zamperoni, P.	Handbuch für die Bildbearbeitung	Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden 1992
Kreis, T.	Holographic Interferometry	Akademie-Verlag, 1996
Kropatsch, W. Klette, R., Solina, F., Albrecht, R. [Eds.]	Theoretical Foundations of Computer Vision	Springer-Verlag, Heidelberg 1996
Lehmann, T., Oberschelp, W., Pelikan, E., Regges, R.	Bildverarbeitung für die Medizin	Springer Verlag, 1997
Li, S., Mital, D., Teoh, E. K., Wang, H. [Eds.]	Recent Developments in Computer Vision	Springer-Verlag, Heidelberg 1996
Lim, Jae S.	Two-Dimensional Signal and Image Processing	Prentice-Hall, 1990
Marks, R. J. II [Ed.]	Advanced Topics in Shannon Sampling and Interpolation Theory	Springer-Verlag, Heidelberg 1993
Miguet, S., Motanvert, A., Ubeda, S. [Eds.]	Discrete Geometry for Computer Imagery	Springer-Verlag, Heidelberg 1996
Myler, H. R.	The Pocket Handbook of Image Processing Algorithms in C	
Ministerium f. Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen [Hrsg.]	Stand und Trends der Bildverarbeitung in NRW, Studie - <a href="http://www.mitgmbh.de/mit/bv/nrw/bv_s1.html">http://www.mitgmbh.de/mit/bv/nrw/bv_s1.html</a>	Düsseldorf 1995
Ministerium f. Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen [Hrsg.]	Produkte und Dienstleistungen für die Bildverarbeitung: Stand und Trends, Studie - <a href="http://www.mitgmbh.de/mit/bv">http://www.mitgmbh.de/mit/bv</a>	Düsseldorf 1996

<b>Autor/Hrsg.</b>	<b>Titel</b>	<b>Angaben</b>
	/nrw/bv_s2.html	
Nakamura, A., Nivat, M., Saoudi, A., Wang, P. S. P., Inoue, K. [Eds.]	Parallel Image Analysis	Springer-Verlag, Heidelberg 1992
Nickolay, B., Schicketanz, K.-H., Schmalfuß, H.	Automatische Warenschau, Studie für die Textilindustrie	1993
Nitzberg, M., Mumford, D., Shiota, T.	Filtering, Segmentation and Depth	Springer-Verlag, Heidelberg 1993
Paker, Y., Wilbur, S. [Eds.]	Image Processing for Broadcast and Video Production	Springer-Verlag, Heidelberg 1995
Pavidis, T.	Algorithmen zur Grafik u. Bildverarbeitung	
Pinz, A.	Bildverstehen	Springer-Verlag, Heidelberg 1994
Pratt, Williams.	Digital Image Processing	John Wiley & Sons, 1991
Radig, B. [Hrsg.]	Verarbeiten und Verstehen von Bildern, Handbuch der Informatik 6.4	Oldenbourg Verlag, 1993
Rucklidge, W.	Efficient Visual Recognition Using the Hausdorff Distance	Springer-Verlag, Heidelberg 1996
Sanz, J. L. C. [Ed.]	Image Technology	Springer-Verlag, Heidelberg 1996
Schröder, G.	Technische Optik	Vogel Fachbuch, 1990
Steinbrecher, R.	Bildverarbeitung in der Praxis	Oldenbourg Verlag, München/Wien 1993
Todd-Pokropek, A. E., Viereger, M. A. [Eds.]	Medical Images: Formation, Handling and Evaluation	Springer-Verlag, Heidelberg 1992
Voss, K.	Discrete Images, Objects and Functions in Zn	Springer-Verlag, Heidelberg 1993
Voss, K., Süße, H.	Praktische Bildverarbeitung	Hanser Verlag, München 1991
Zamperoni, P.	Methoden der digitalen Bildsignalverarbeitung	Vieweg Verlagsgesellschaft, Braunschweig/Wiesbaden 1991
Zavodnik, Kopp	Graphische Datenverarbeitung: Grundzüge und Anwendungen	Hanser Verlag, München 1995
Zimmer, Bonz	Objektorientierte Bildverarbeitung: Datenstrukturen und Anwendungen in C++	Hanser Verlag, München 1996





EVA '97 BERLIN

Tutorial 2

# "3D-AUFNAHME UND MODELLIERUNG FÜR SKULPTUREN, GRABUNGEN, ...."

Lothar Paul

Projektgruppenlfr. 3D-Datenverarbeitung

Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V. Berlin (GFai)

Tel.: 030 - 6392 1625

Fax: 030 - 63921602

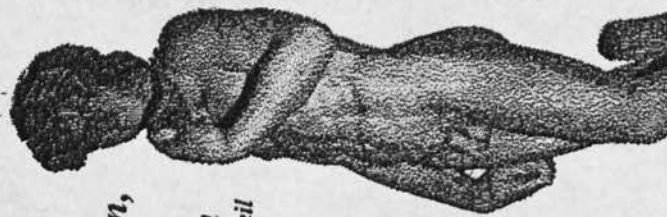
e-mail: paul@gfai.de

*Messen / Erfassen dreidimensionaler Objekte - Übersicht  
Optische Verfahren der 3D-Erfassung - Klassifizierung / Übersicht*

*Anwendungsfelder für 3D-Vermessung und -Modellierung  
Besonderheiten bildgestützter 3D-Erfassungsverfahren*

*Ausgewählte optische Erfassungsverfahren, Triangulation, codiertes Licht  
Virtuelle 3D-Modellierung, Grundlagen, Beispiele*

*Anforderungen / Aufwand für verschiedene Anwendungsgebiete*



**Bilder:**  
**Konturen,**  
**Farben,**  
**Texturen**  
 (ca. 90% Anteil  
 an visuell  
 basierter  
 Kognition)

**Schön..**

*Die Welt  
 ist aber 3D ...*

## Messen und Erfassen dreidimensionaler Objekte:

- - manuelle Messungen, Tabellen, Listen, Zeichnungen
- - Taktile Verfahren : Koordinatenmeßmaschine, "Storchschnabel", umgerüstete NC-Maschinen
- - schichtweise Erfassung mit 2D-Meßtechnik (Bildverarbeitung)- Biologie, Strukturuntersuchungen
- - Raumlagebestimmung bekannter Objekte mit Hilfe der Bildinterpretation
- - Erfassungsverfahren mit auf der Grundlage spezieller physikalischer Gesetze und Aufbauten (Kernspinresonanz, Tomographie)
- - **Optische Meß- und Erfassungsverfahren**

### WOZU .... ?

#### ..... Anwendungsgebiete :

- wissenschaftliche Arbeit in verschiedensten Bereichen
- Qualitäts- und Prozeßkontrolle
- Robotersteuerungen - Objekt- und Hinderniserkennung
- Konstruktion, Design, Prototyping
- VR - Anwendungen: Lehrmittel, Simulation, Demonstration
- Dokumentation, Datenaustausch, Kommunikation

#### Grobklassifizierungen:

- Dimensionalität: Punktmeßverfahren - Streifenverfahren - bildgebende Verfahren
- Tiefenerfassungsprinzip: Triangulationsverfahren, Laufzeit- und Phasenmeßverfahren, reglerbasierte Verfahren, Interferenzmeßverfahren ...
- Szenenmodifikation: aktive Verfahren - passive Verfahren
- Sensorik : Zeilenkamera - Matrixkamera - stereoskopische Verfahren

...



### PASSIV:

#### PASSIVE STEREOANALYSE:

- Displacement stereo ( 2, 3 ... Kameras) **T**
- Temporal Stereo (Bildfolgen) **R**

### AKTIV:

REGLER-PRINZIP: **O**  
 - Autofokussierung

#### LASERLICHT:

- Punktscannen **T**
- Laser-Lichtschnittverfahren **T**
- "Laser-Radar" **P**

#### 3D-ERFASSUNG MIT CODIERTEM LICHT

- Binärkodierte Streifenbeleuchtung **T**
- Phasen-Shift-Verfahren **I**
- hybride Lösungen (Binär- und Phasenshift) **I T**
- farbkodierte Streifenbeleuchtung **T**

#### AKTIVE STEREOMETRIE:

- mit diskret strukturierter Beleuchtung (Raster) **T R**
- mit stetig strukturierter Beleuchtung **R T**
- mit spektral strukturierter / codierter Beleuchtung **T**

#### MOIRÉ / INTERFERENZ - VERFAHREN **I**

- statische Aufnahme mit strukturiertem Licht,
- "3D-Kamera" mit intensitätsmoduliertem Licht oder Laser-Laufzeitmessung **P**

**T****P****I****R****O**

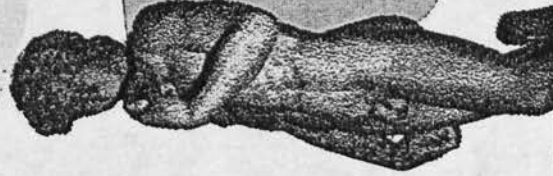
Basis: Triangulationsverfahren

Basis: Phasen- oder Laufzeitmessung

Interferometrischer Ansatz, Derivate

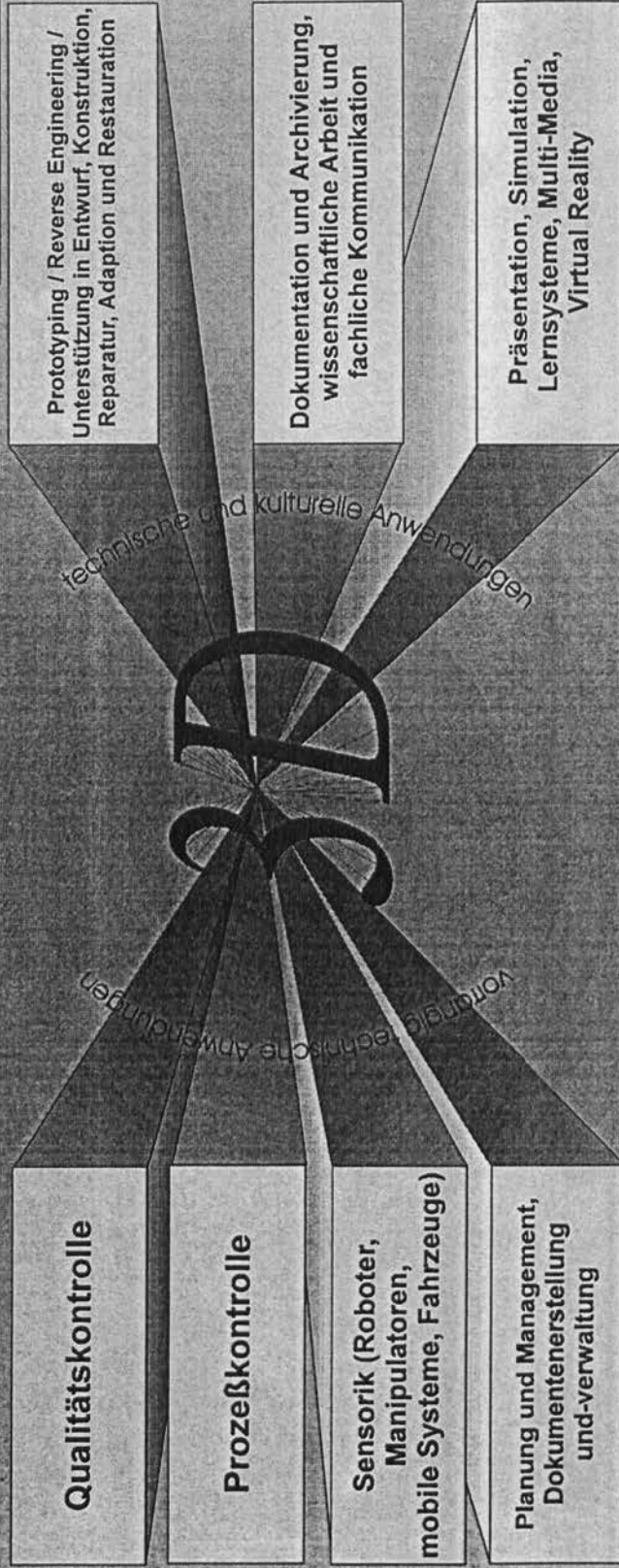
Referenzproblematik !

Optische Mathematik und Methodik



## Anwendungsfelder für 3D-Messung und -Modellierung:

Tutorial 1 - 3D-Aufnahme und Modellierung



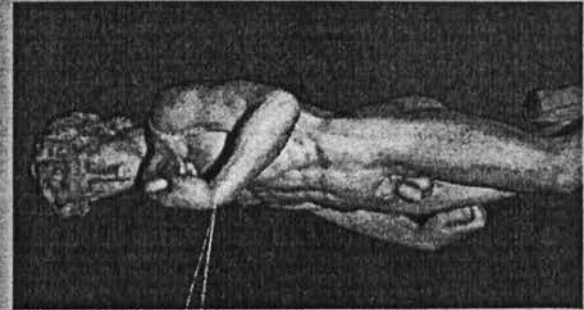
### Vom Bild.....

Bildpunkte, Pixel:

189	226
201	225 231

BILD: (Grauwerte):  $I_{gr} = F(i,j)$

(Farben, RGB-Modell):  $\left\{ \begin{array}{l} I_{rot} = F(i,j) \\ I_{blau} = F(i,j) \\ I_{grün} = F(i,j) \end{array} \right\}$

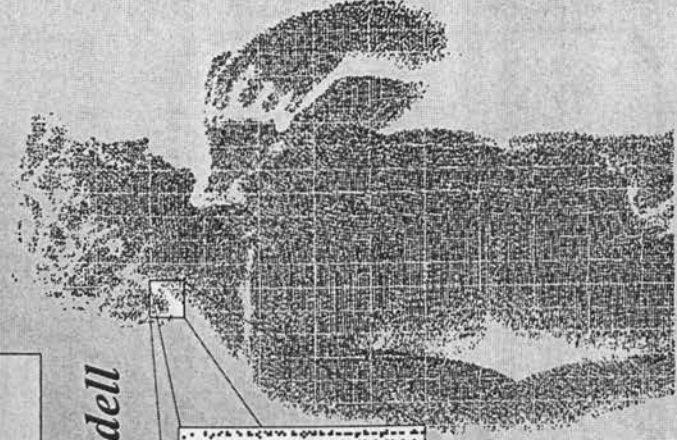


### .....zu "Tiefenbild", Punktwolke, 3D-Modell

(20344, 1233, 56298)



3D-Datensatz, "Punktwolke":  
 $PW = M \{ P_{ijk}(x, y, z, \dots) \}$   
 $x_s, y_s, z_s, \dots$   
 $\alpha_s, \beta_s, \gamma_s$



## Besonderheit und Vorteil bildgestützter 3D-Erfassungsverfahren: direkte Zuordnung von Reflektanzeigenschaften zur 3D-Information

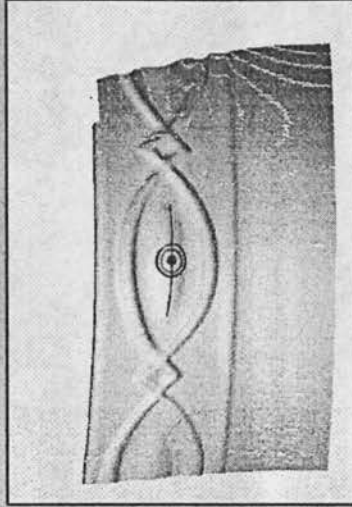
3D-Datensatz, "Punktwolke":

$$PW = M \left\{ \begin{array}{l} P(x,y,z, [i,j]) \\ \alpha \beta \gamma \end{array} \right\}$$

- Grauwertbild

$$PW = M \left\{ \begin{array}{l} P(x,y,z, |rot[i,j], |blau[i,j], |grün[i,j]|) \\ \alpha \beta \gamma \end{array} \right\}$$

- Farbbild RGB



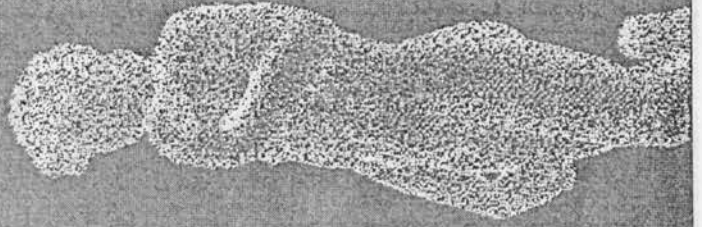
Bildgestützte 3D-Vermessung: neue Anwendungsgebiete durch Kombination mit klassischen Bildverarbeitungsmethoden

Messung und Kontrolle  
räumlicher  
Oberflächeninformation

"Entfalten" von Mustern  
und Texturen  
von 3D-Oberflächen

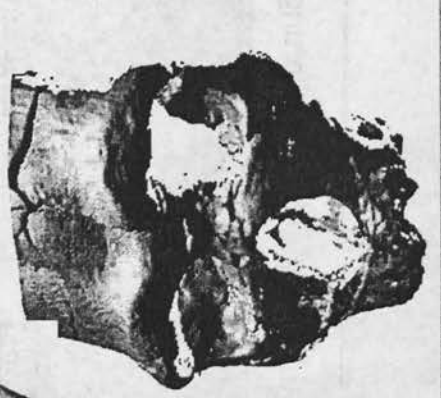
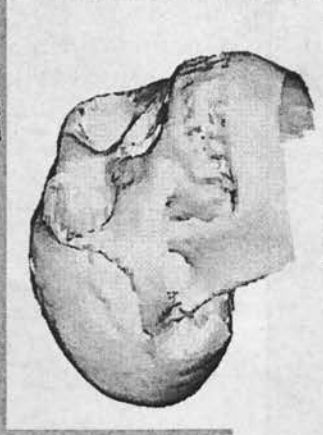
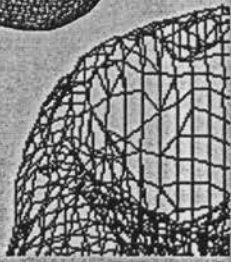
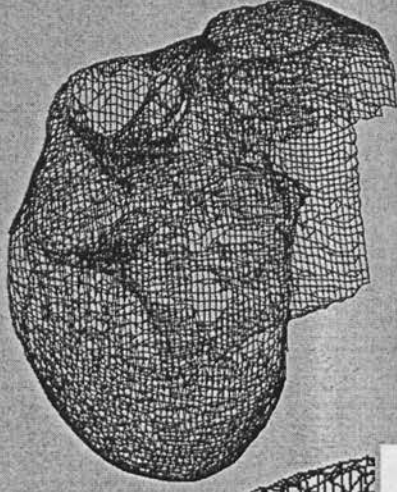
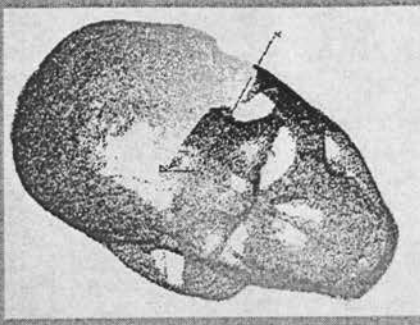
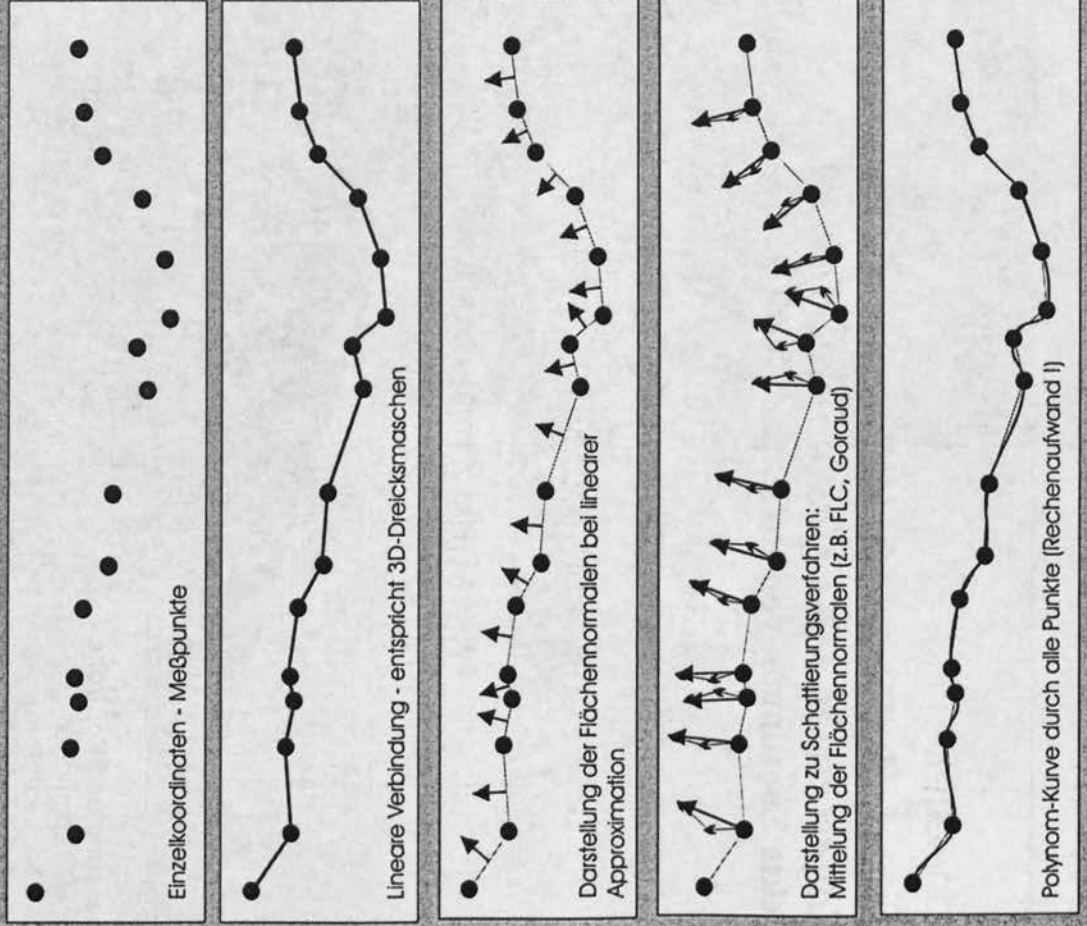
Photorealistische Präsentation,  
3D-Mustererkennung  
und -design

3D-Modellierung, 3D-Puzzeln:  
Unterstützung durch  
2D-Information



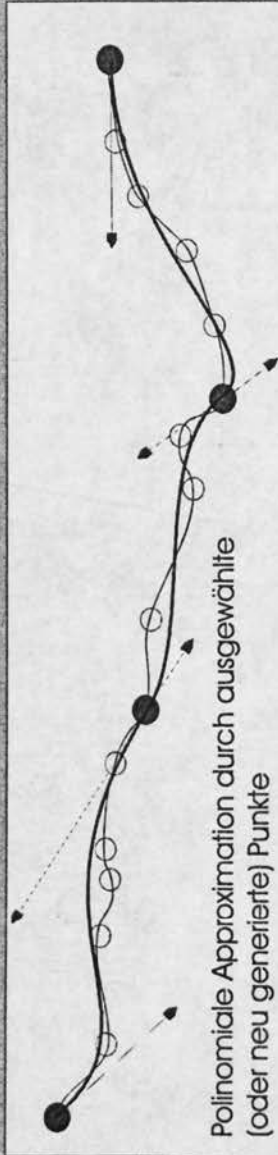
Modellierung: Grundlagen

von der Punktwolke zum 3D-Modell ....

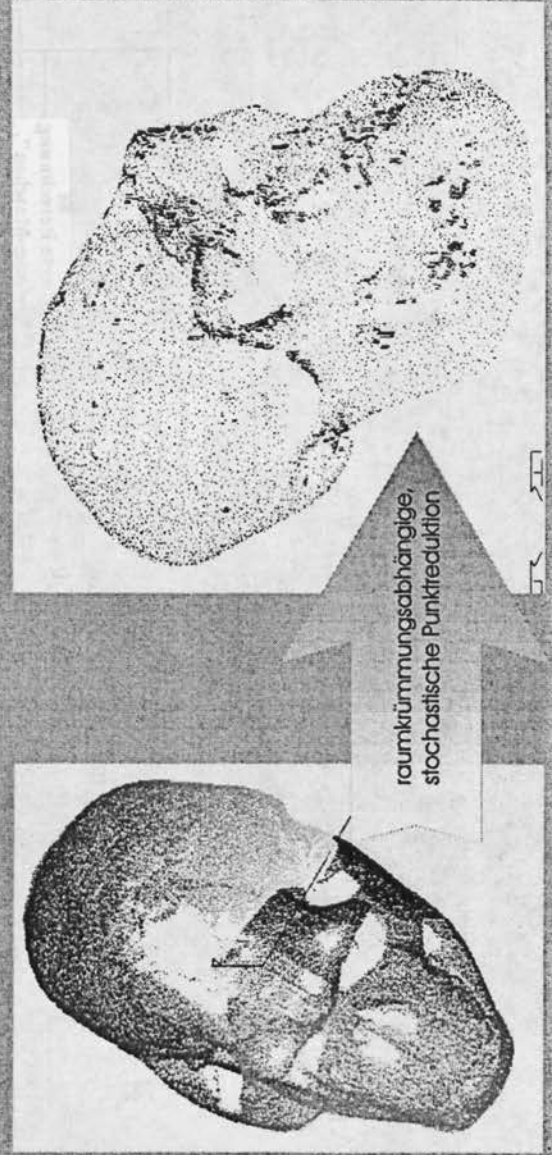
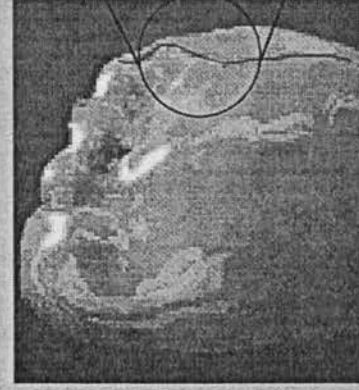
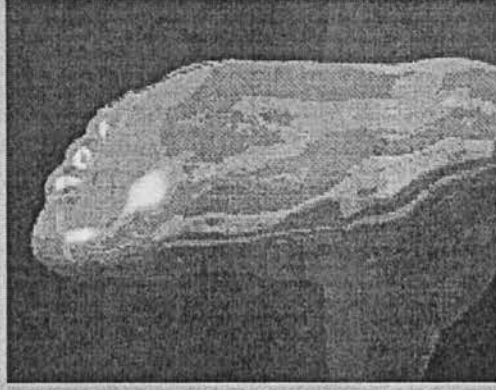
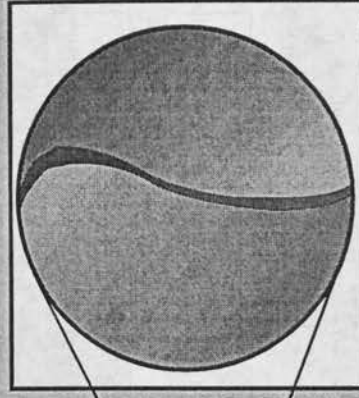
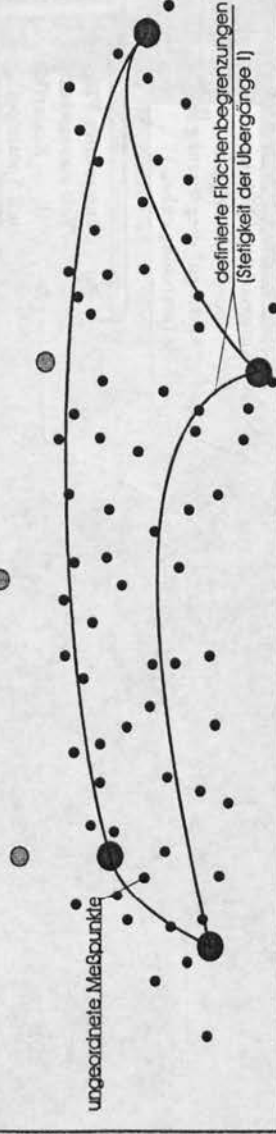


## Modellierung: Grundlagen

Tutorial 1 - 3D-Aufnahme und Modellierung

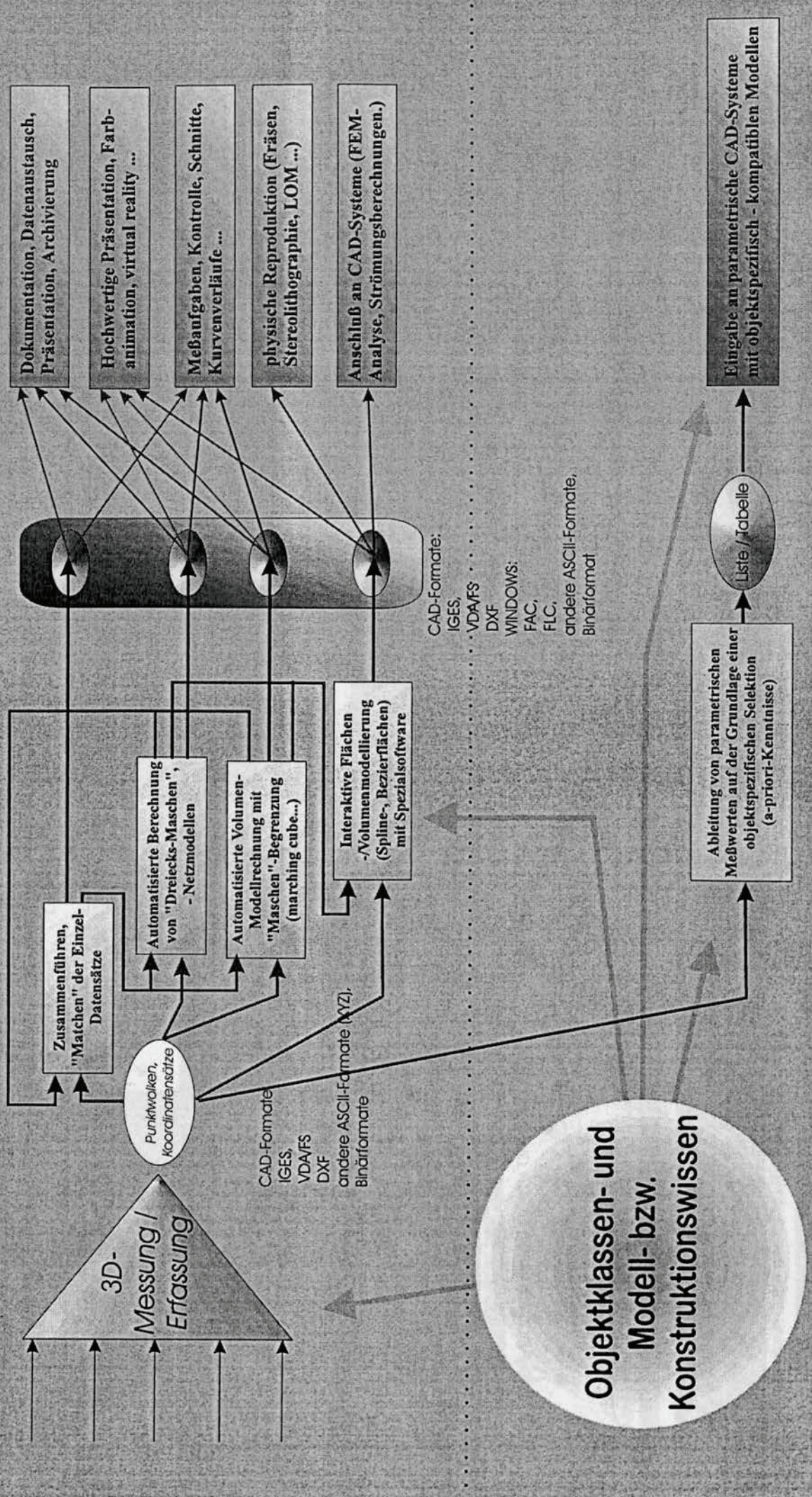


Konstruktive / teilautomatisierte Approximation von Freiformflächen durch Splinesflächen (interaktive Vorgehensweise mit CAD-Software)



## Verarbeitung von 3D-Punktdaten:

Anforderungen / Aufwand für unterschiedliche Nutzungen / Anwendungen der 3D-Techniken



**Objektklassen- und Modell- bzw. Konstruktionswissen**

Eingabe an parametrische CAD-Systeme mit objektspezifisch - kompatiblen Modellen

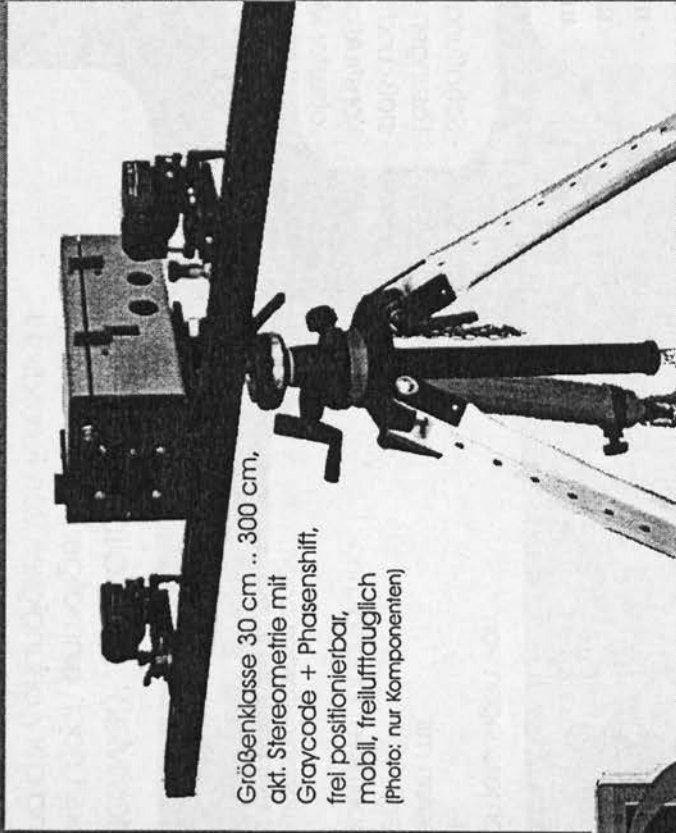
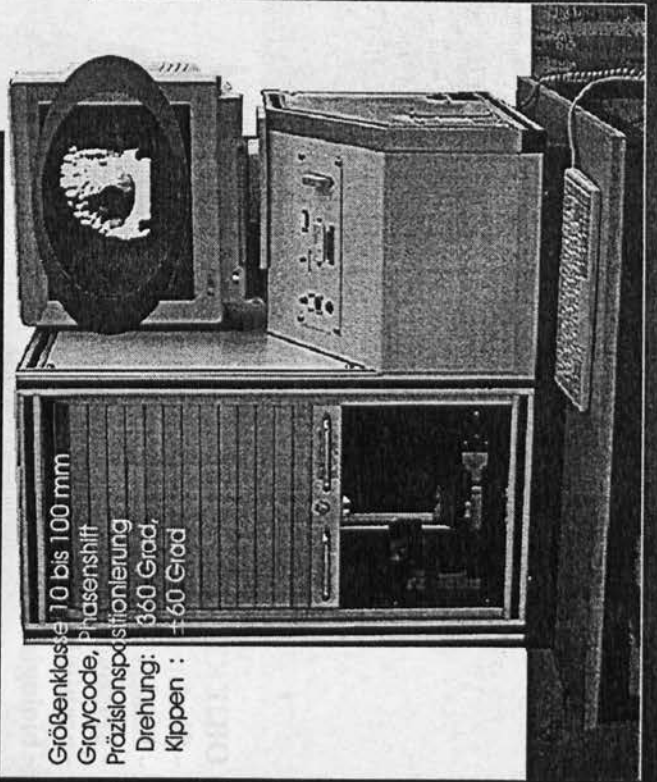
CAD-Formate:  
 IGES,  
 VDA/FS  
 DXF  
 WINDOWS:  
 FAC,  
 FLC,  
 andere ASCII-Formate,  
 Binärformat

CAD-Formate  
 IGES,  
 VDA/FS  
 DXF  
 andere ASCII-Formate (XYZ),  
 Binärformate

## Gerätelösungen (Beispiele GFAd):



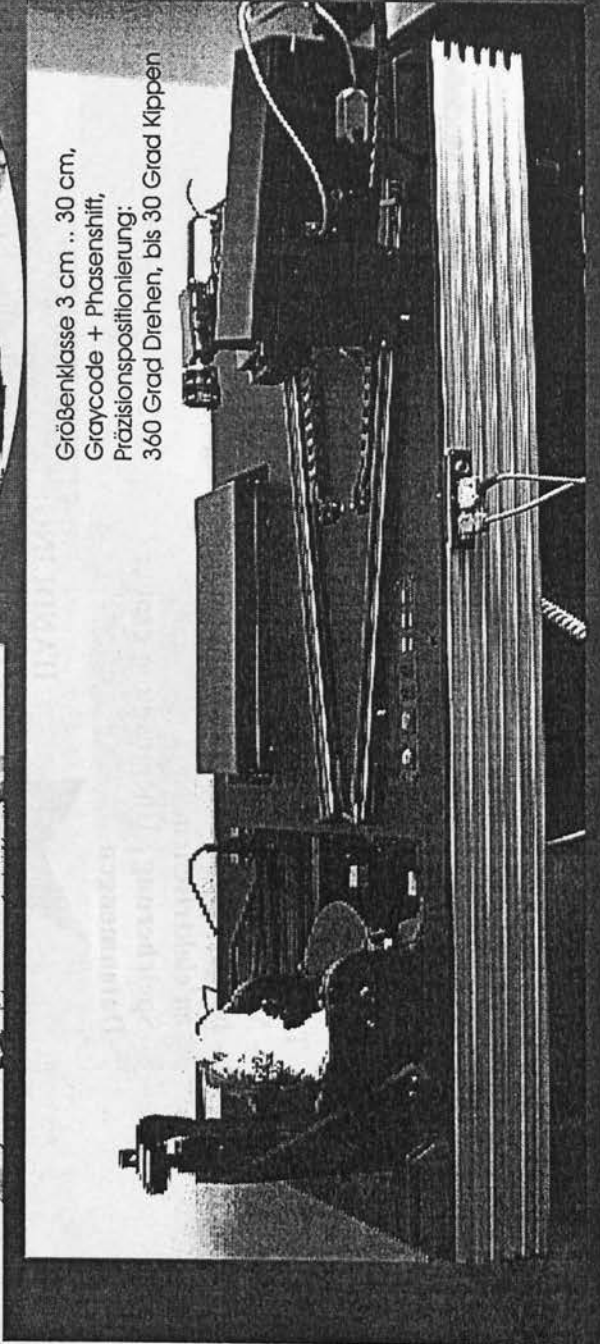
Größenklasse 70 bis 100 mm  
Graycode, Phasenshift  
Präzisionspositionierung  
Drehung: 360 Grad,  
Kippen: ±60 Grad



Größenklasse 30 cm .. 300 cm,  
akt. Stereometrie mit  
Graycode + Phasenshift,  
frei positionierbar,  
mobil, freilufttauglich  
(Photo: nur Komponenten)



Tutorial 1- 3D-Aufnahme und Modellierung



Größenklasse 3 cm .. 30 cm,  
Graycode + Phasenshift,  
Präzisionspositionierung:  
360 Grad Drehen, bis 30 Grad Kippen

## Anforderungen an 3D-Messsysteme unter Freiluftbedingungen:

Tutorial 1: 3D-Aufnahme und -Modellierung

### UMWELT:

- Tages-, direktes Sonnenlicht
- Witterungseinfluß auf Reflektanzeigenschaften
- Witterungseinfluß auf Technik: Temperatur, Feuchtigkeit

### OBJEKTE:

- Skulturen, plastische Denkmale
- Reliefs
- Felszeichnungen, Kerbungen
- architektonische Details, Baugruppen
- biologische Objekte
- ...

- Typische Objektmessungen von mehreren Metern,
- komplexe Geometrien mit Hinterschneidungen,
- meist optisch "kooperative" Oberflächeneigenschaften,
- "moderate" Genauigkeitsanforderungen

### Auswahl des Meß- und Kalibrierverfahrens:

- Beweglichkeit nach einmaliger Kalibrierung,
- Verringerung der Abhängigkeit von Fremdlicht- und Oberflächenvariationen,
- zeitliche Minimierung des Meßaufwandes
- Anpassung an Objektgrößen

### TECHNIK:

- Mobilität, Transportierbarkeit
- beschränkter oder nicht vorhandener Zugang zu elektrischem Netz
- Speicherung / Übertragung großer Datenmengen

### HANDLING:

- einfache Bedienbarkeit ohne Spezialkenntnisse
- minimierter Kalibrieraufwand
- möglichst große Freiheiten bei Positionswahl und Beweglichkeit

- Schaffung temporär netzunabhängiger Lösungen (Beleuchtung und Rechenteknik),
- stoß- und spritzwassergeschützte Konstruktion,
- robuster Meß- und Kalibrieraufbau







