

# Computergrafik 2: Organisatorisches

Prof. Dr. Michael Rohs, Dipl.-Inform. Sven Kratz

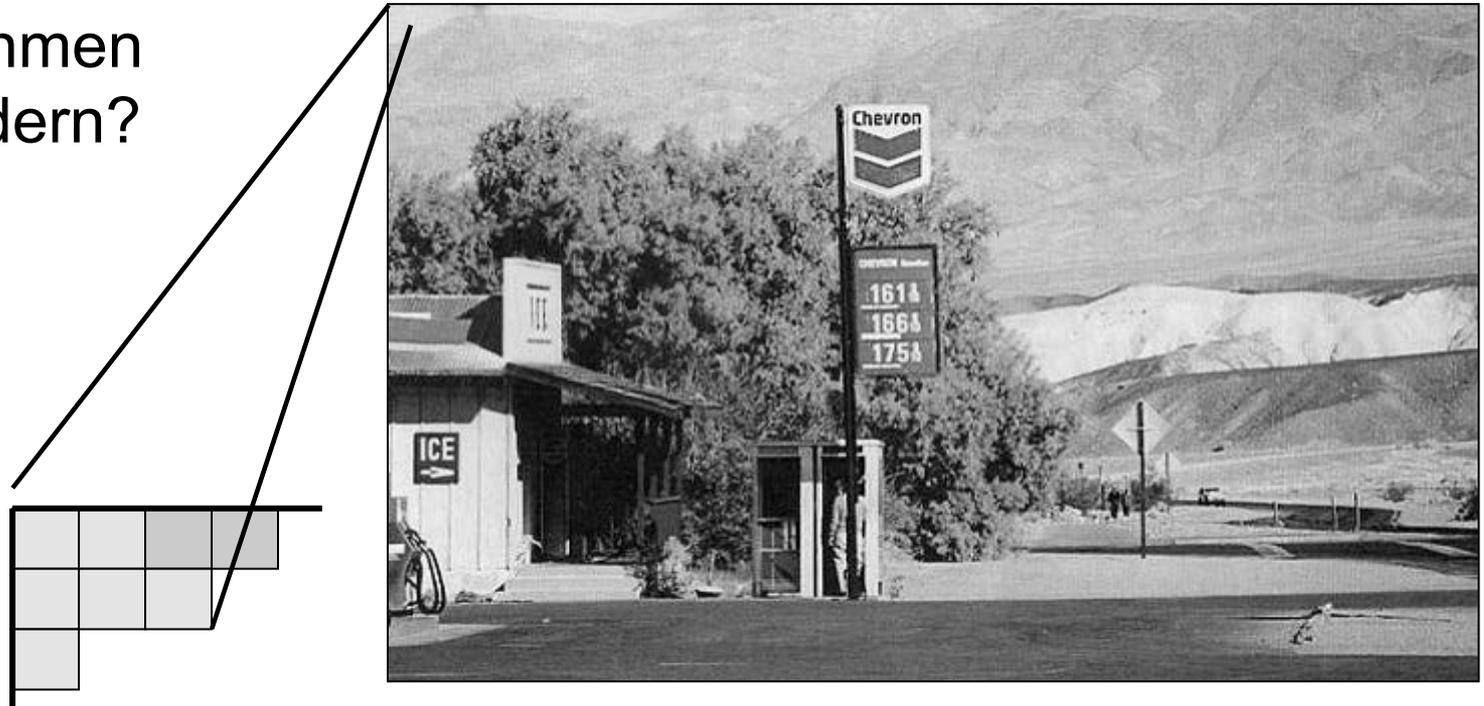
[michael.rohs@ifi.lmu.de](mailto:michael.rohs@ifi.lmu.de)

MHCI Lab, LMU München

Folien teilweise von Andreas Butz, sowie von Klaus D. Tönnies  
(Grundlagen der Bildverarbeitung. Pearson Studium, 2005)

# Digitale Bilder

- Zwei-dimensionale Anordnung von Bildelementen (Pixel)
- Datenstruktur: 2-dimensionales Feld (Array, Matrix)
- Dateneinheit: 1 Pixel
- Algorithmen auf Bildern?



Quelle: Tönnies: Grundlagen der Bildverarbeitung.

# Bildverarbeitung und Bildanalyse

- Bildverarbeitung
  - Verbesserung der Bildqualität für die menschliche Wahrnehmung
  - Trennung von Informationen und Artefakten (Störungen)
- Bildanalyse
  - Identifikation von Bedeutung tragenden Merkmalen
  - Berechnung von Merkmalswerten
  - Zuordnung von Bedeutung
- Algorithmische Verarbeitung von Informationen in Bildern
  - Restauration, Verbesserung, Segmentierung, Verstehen

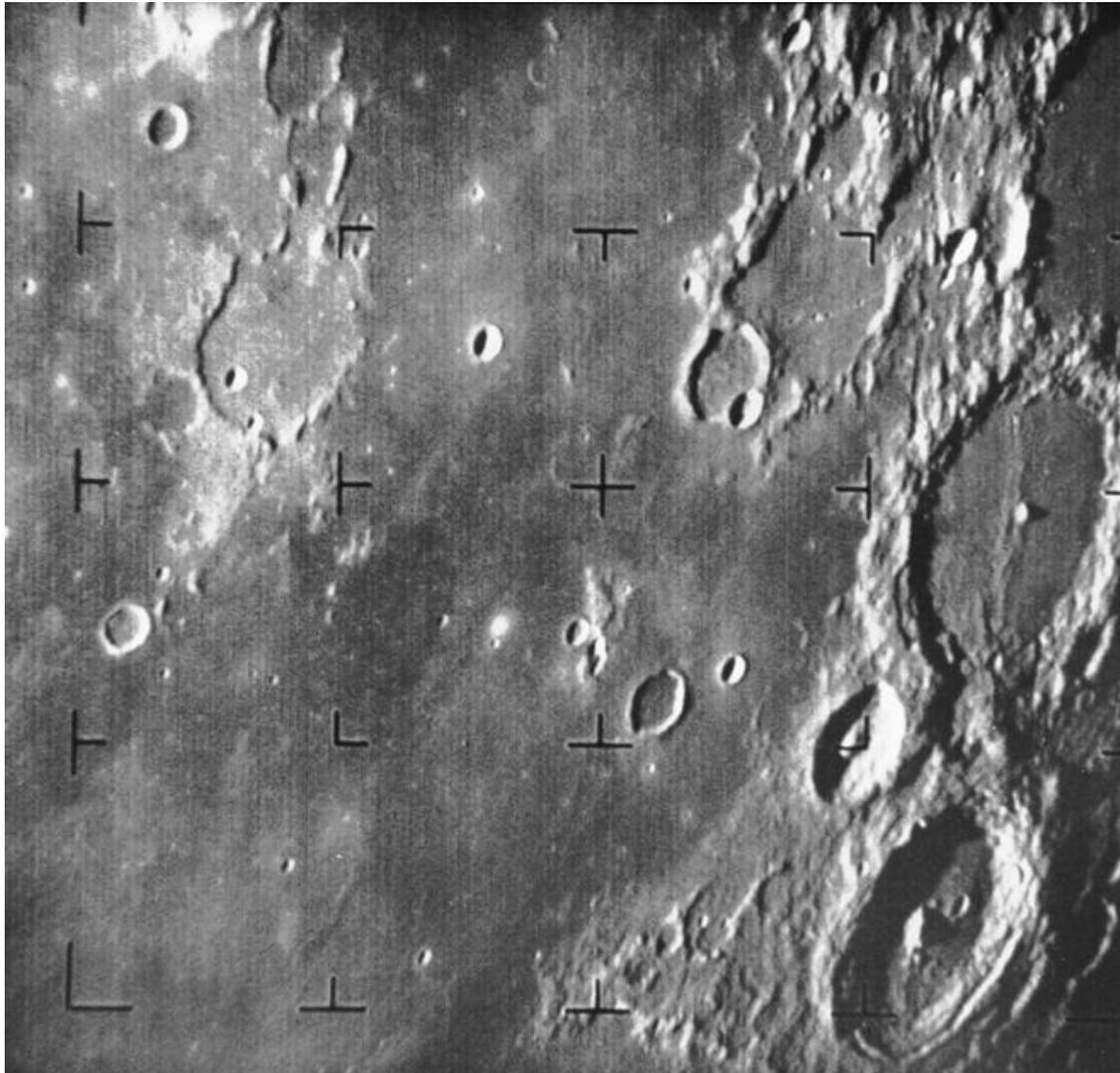
# Informationen in Bildern

- Videokompression
  - $720 \times 576 \times 3 = 1,2\text{MB}$  pro Bild
  - $24 \text{ Bilder/s} \times 1,2\text{MB/Bild} \times 60\text{s/min} = 1,8\text{GB/min}$
  - Kapazität DVD ca. 8.5 GB: knapp 5min Video unkomprimiert
  - ca. 120min Video komprimiert  $\rightarrow$  96% der Daten weggeworfen
- Was sind die „wesentlichen“ 4%?
  - Definition von „wesentlich“
  - „Unwesentliches“ herausnehmen
  - Unabhängig vom Inhalt
- Wie macht man das?
  - Redundanz ausnutzen, invariante Merkmale bestimmen
  - Methoden: Algorithmen, Mathematik

# Themen der Vorlesung

- Grundlagen der Bildverarbeitung
  - Technologien zur Bilderzeugung
  - Helligkeits- und Kontrastanpassung
  - Filterung im Ortsraum und Frequenzraum
  - Fouriertransformation
  - Entfernen von Bildstörungen
- Grundlagen der Bildanalyse
  - Kantendetektion
  - Erkennen von Formen
  - Natural Feature Tracking
  - Erkennen von visuellen Markern
- Praktische Anwendung
  - Python, NumPy & matplotlib
  - OpenCV

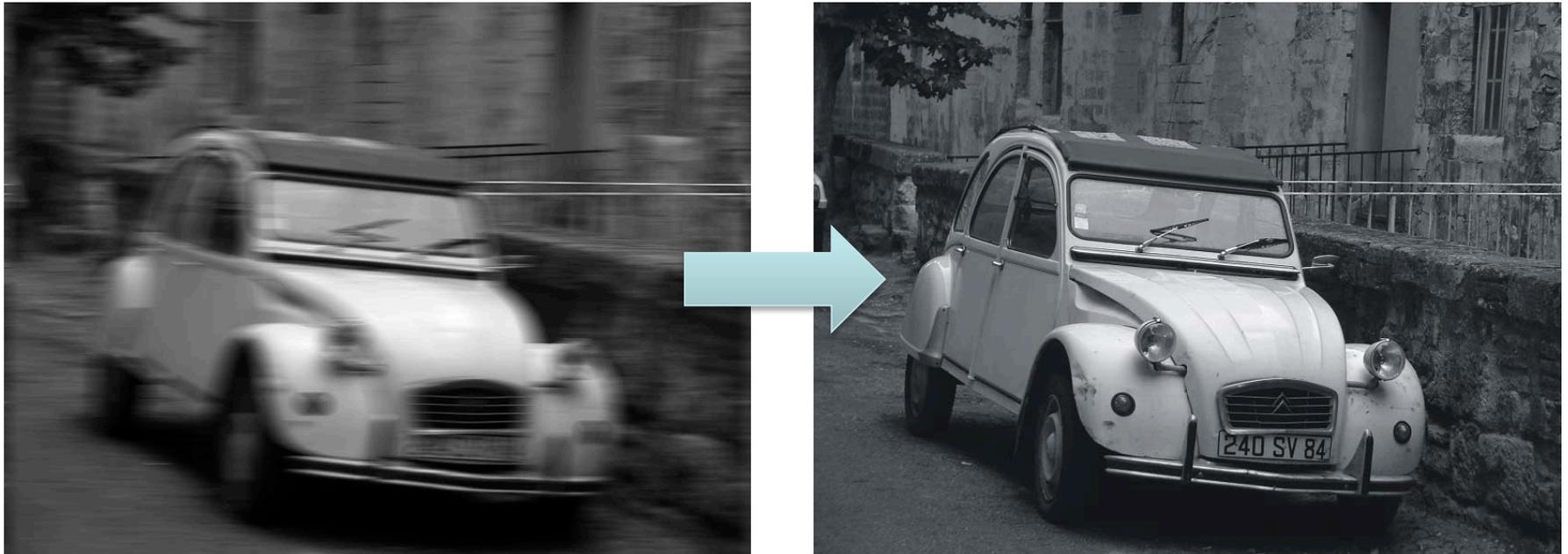
# Aufnahme digitaler Bilder



**FIGURE 1.4** The first picture of the moon by a U.S. spacecraft. *Ranger 7* took this image on July 31, 1964 at 9 :09 A.M. EDT, about 17 minutes before impacting the lunar surface. (Courtesy of NASA.)

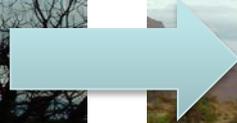
© R. C. Gonzalez & R. E. Woods, Digital Image Processing

# Bildrestauration



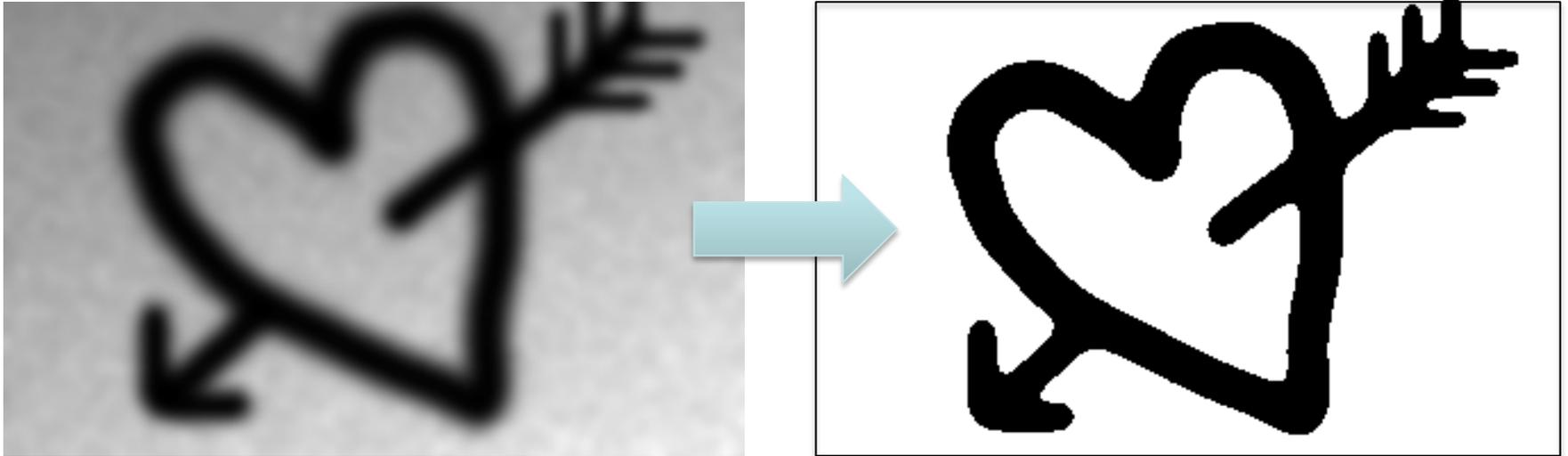
Bewegungsunschärfe eliminieren

# Bildverbesserung



Helligkeit und Kontrast anpassen

# Bildsegmentierung



- Hypothese: Gruppen von Pixeln sind Informationsträger
- Zusammenfassen von Pixeln nach bestimmten Kriterien
- Modellwissen?
- Algorithmen?

# Bildverstehen

- Hypothese: Die visuellen Informationen reichen aus, um die korrekte Bedeutung zu finden
  - Stimmt das?
- Fragestellungen
  - Was sind kennzeichnende Merkmale und wie können sie berechnet werden?
  - Wie können Merkmale aus dem Bild mit dem erwarteten Inhalt verglichen werden?

# Bedeutung

- Anwendungsabhängig: ein Bild kann viele Bedeutungen haben
  - Sind Menschen abgebildet?
  - Wo sind Fahrzeuge zu sehen?
  - Ist Mr. X auf dem Bild?
  - Wie spät ist es?
  - Ist ein Straßenschild im Bild?
  - Wo wurde die Aufnahme gemacht?
- Erster Schritt einer Bildanalyse
  - Spezifikation der gesuchten Bedeutung



# Die semantische Lücke

## Bild

- Helligkeit
- Farbe
- Musterung



## Interpretation

- Name
- Existenz/Nichtexistenz von Objekten
- Eigenschaften von Objekten



Auflösung und Kontrast unterschiedlich



„Mount Fuji“

Bedeutung gleich

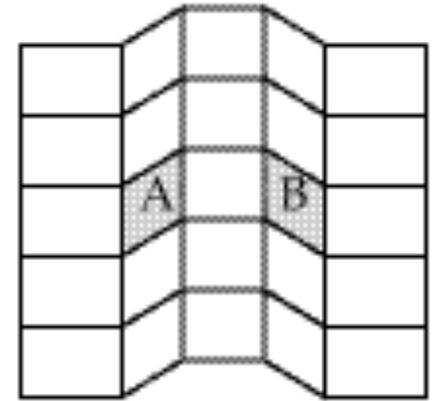
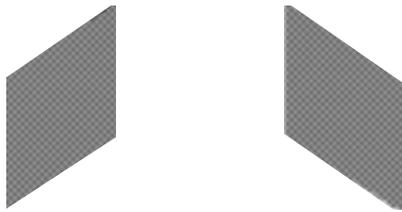
# Bedeutungstragende Merkmale?

- Charakteristische Farben
  - Problem: Variation durch Beleuchtung und Spiegelungen
- Charakteristische Musterung (Textur)
  - Problem: Variation mit Perspektive (Distanz, Skalierung, Rotation, etc.)



Quelle: [http://www.soval.de/gallery-pixeleye/v/Autos/roter\\_oldtimer.jpg.html](http://www.soval.de/gallery-pixeleye/v/Autos/roter_oldtimer.jpg.html)

# Bedeutungsträger Pixelhelligkeit?



© D.D. Hoffman, Visual Intelligence

# Modell

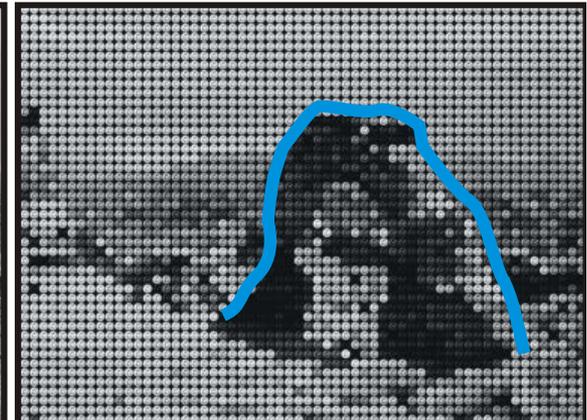
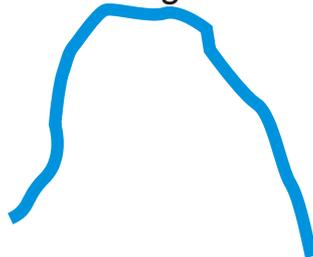
- Beschreibt a-priori Wissen über Bildinhalt
- Abhängig von Anwendung bzw. Fragestellung
- kann unvollständig oder falsch sein
  
- Aufgabe: Finde wahrscheinlichste Erklärung der Daten unter gegebenem Modell
  
- Hilft beim Sprung über die semantische Lücke

# Bottom-Up vs. Top-Down-Strategie



von den Daten zum Modell

Modell des Bogens



vom Modell zu den Daten

# Einbringen von Kontextwissen

- Top down (Modell-getrieben)
  - Abhängig vom Wissen im Langzeitgedächtnis und Aktivierung im Kurzzeitgedächtnis
- Bottom up (Daten-getrieben)
  - Abhängig von visuellen Attributen des Objekts



# Visuelle Verarbeitung beim Menschen

- Visuelle „Rohdaten“ im ikonischen Speicher
  - Rohdaten analog zu physikalischen Stimuli
  - Sehr kurze Speicherzeit: 200 [90, 1000] ms
  - Zeitliche Auflösung: 100 [50, 200] ms (10 Hz [5,20 Hz])
- Symbolische Repräsentation im Kurzzeitgedächtnis (KZG)
  - Kognitive Operationen nur im KZG möglich
- Wissen im Langzeitgedächtnis (LZG)
- Unterscheidung von Figur und Hintergrund
  - Top-down Verarbeitung (Konzept-getrieben)
    - Abhängig vom Wissen im LZG und Aktivierung im KZG
  - Bottom-up Verarbeitung (Daten-getrieben)
    - Abhängig von visuellen Attributen des Objektes



# Einbringen von Kontextwissen



# Einbringen von Kontextwissen



# Einbringen von Kontextwissen

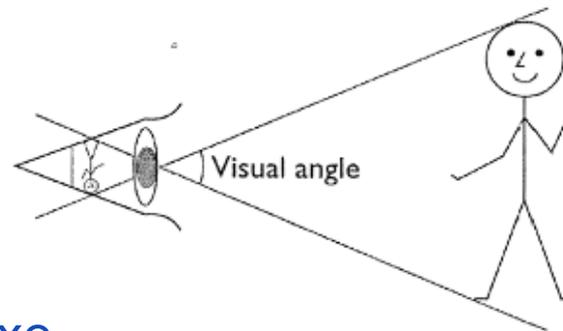
The quick brown  
fox jumps over the  
the lazy dog.

# Wahrnehmung von Größe und Tiefe

- Konstanz wahrgenommener Größe trotz Änderung der Winkelgröße (visual angle)
  - Wissen über die Welt

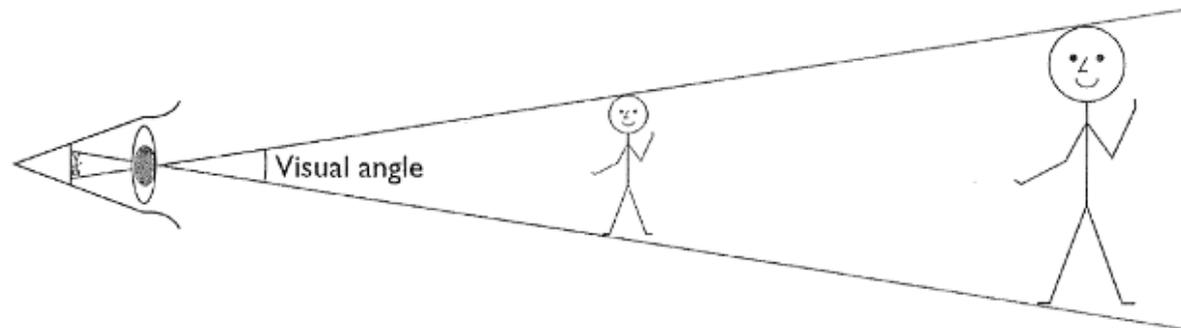
- Hinweise für Tiefe

- Verdeckung
- Textur
- Bewegungsparallaxe



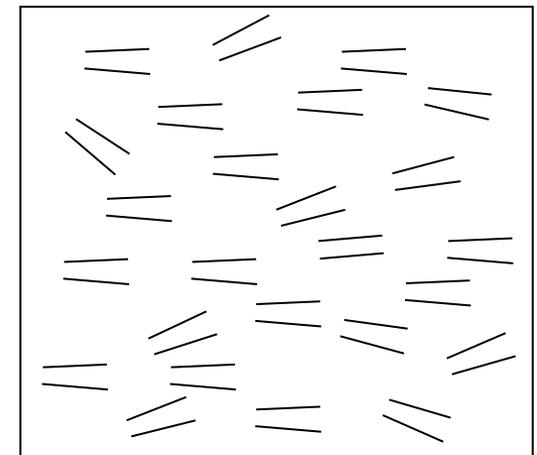
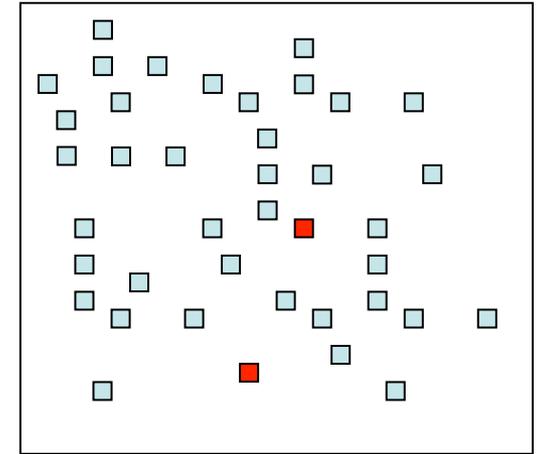
Objects of the same size at different distances have different visual angles

Objects of different sizes and different distances may have the same visual angle

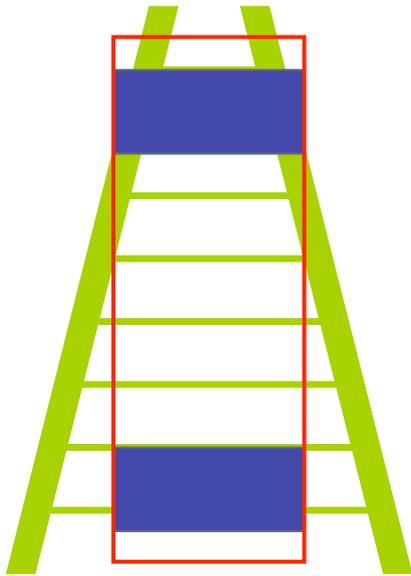


# Visuelle Suche beim Mensch

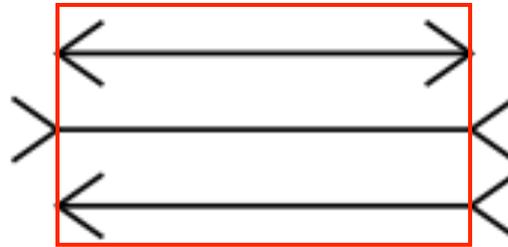
- Suchmenge = Zielreize + Ablenker
  - Ziele unterscheiden sich in einem Attribut von den Ablenkern
  - Beispiel: Suche nach einer Menüoption
- Automatische visuelle Suche (pop out)
  - „Unmittelbare“ Erkennung des Zielreizes
  - Suchzeit unabhängig von Suchmengengröße
  - Attribute: Farbe, Blinken, Bewegung
- Kontrollierte visuelle Suche
  - Serielle Suche durch die Suchmenge
  - Suchzeit proportional zur Suchmengengröße
  - Attribute: Parallelität



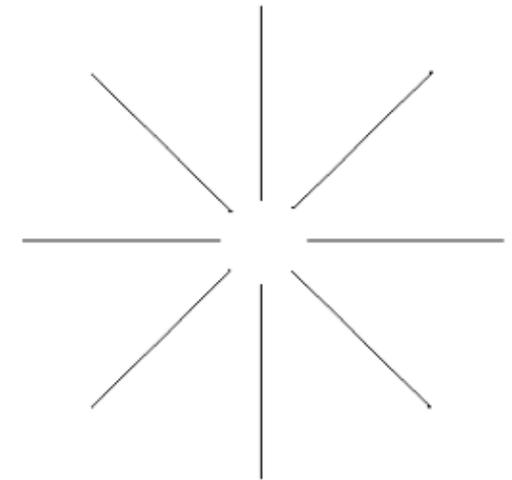
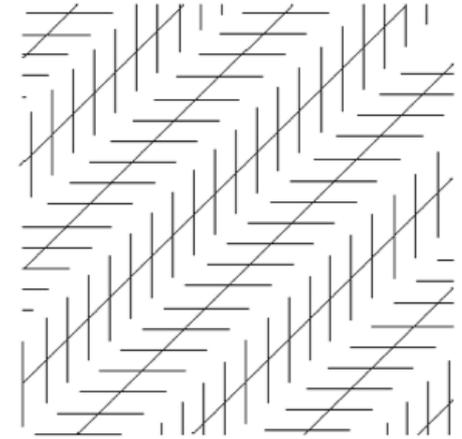
# Wahrnehmung von Objekten



Ponzo-Illusion



Müller-Lyer-Illusion



# Leistungen des menschlichen visuellen Systems

- Größen- und Tiefenwahrnehmung
  - konstante Größe bekannter Objekte
- Farbwahrnehmung
  - konstante Farbe trotz variierender Lichtverhältnisse
- Szenenerkennung
  - schnelle Erkennung räumlicher Konfigurationen von Objekten
- „Bildstabilisierung“
  - Kompensation für die Bewegungen von Augen und Kopf

# Kontextinformation

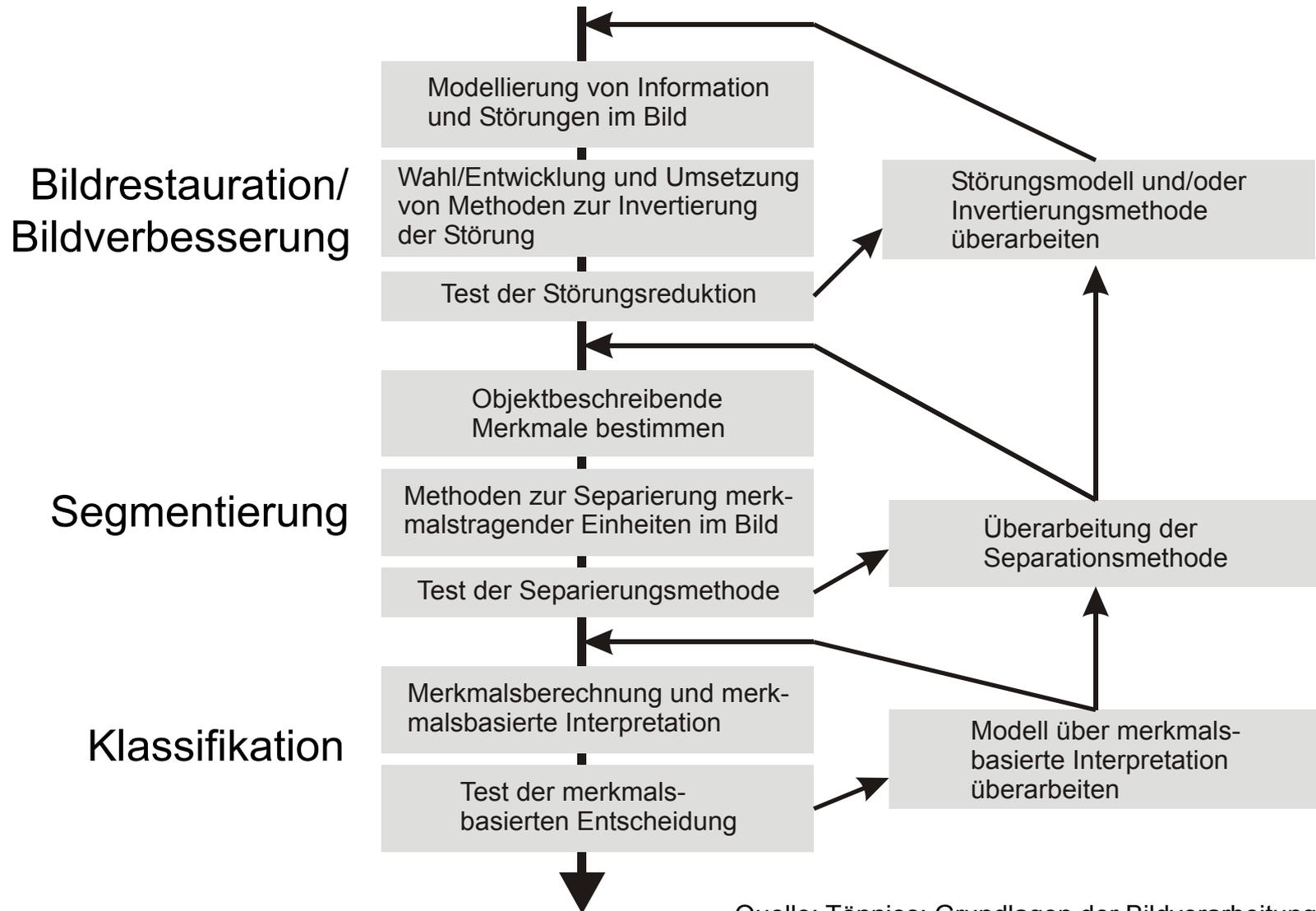
Bilder nur im Kontext interpretierbar

- Bedeutungskontext (Bildklasse)
- Fragekontext (was ist gesucht?)
- Zeitlicher Kontext (Bildfolge)



Bild und Kontext enthalten Redundanz →  
unter Störungen interpretierbar

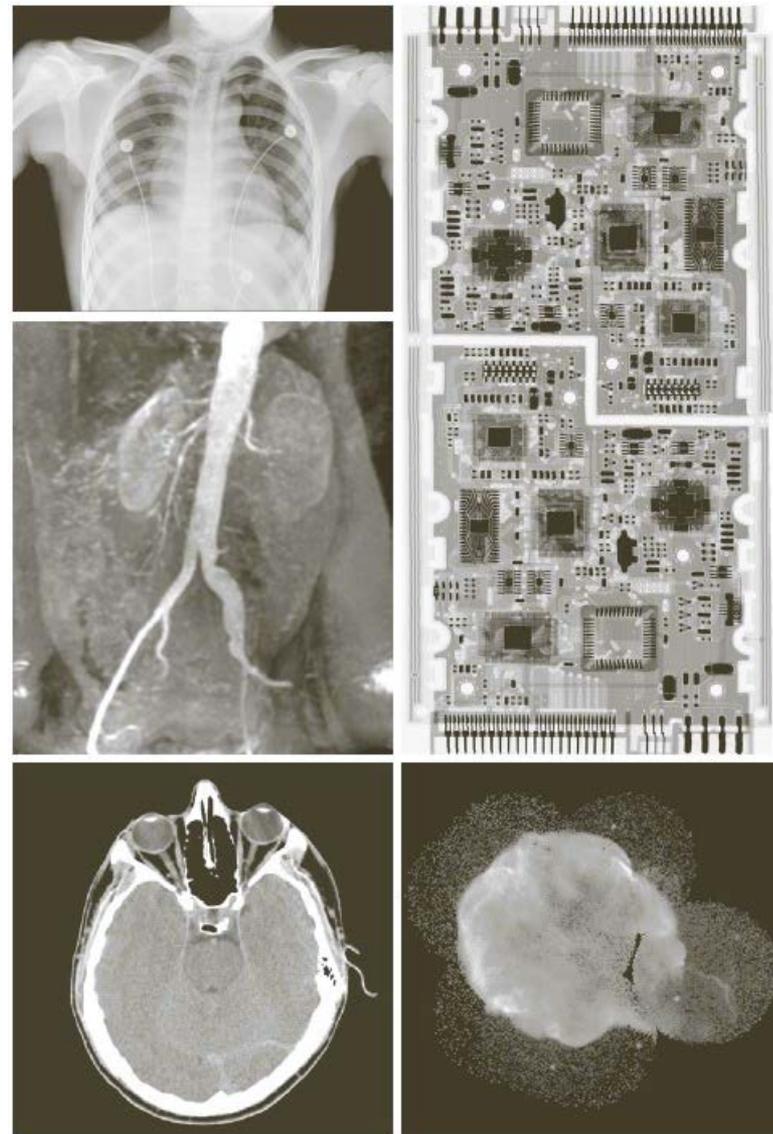
# Prozesse der Bildverarbeitung



Quelle: Tönnies: Grundlagen der Bildverarbeitung.

# BEISPIELE & ANWENDUNGEN

# Röntgenbilder

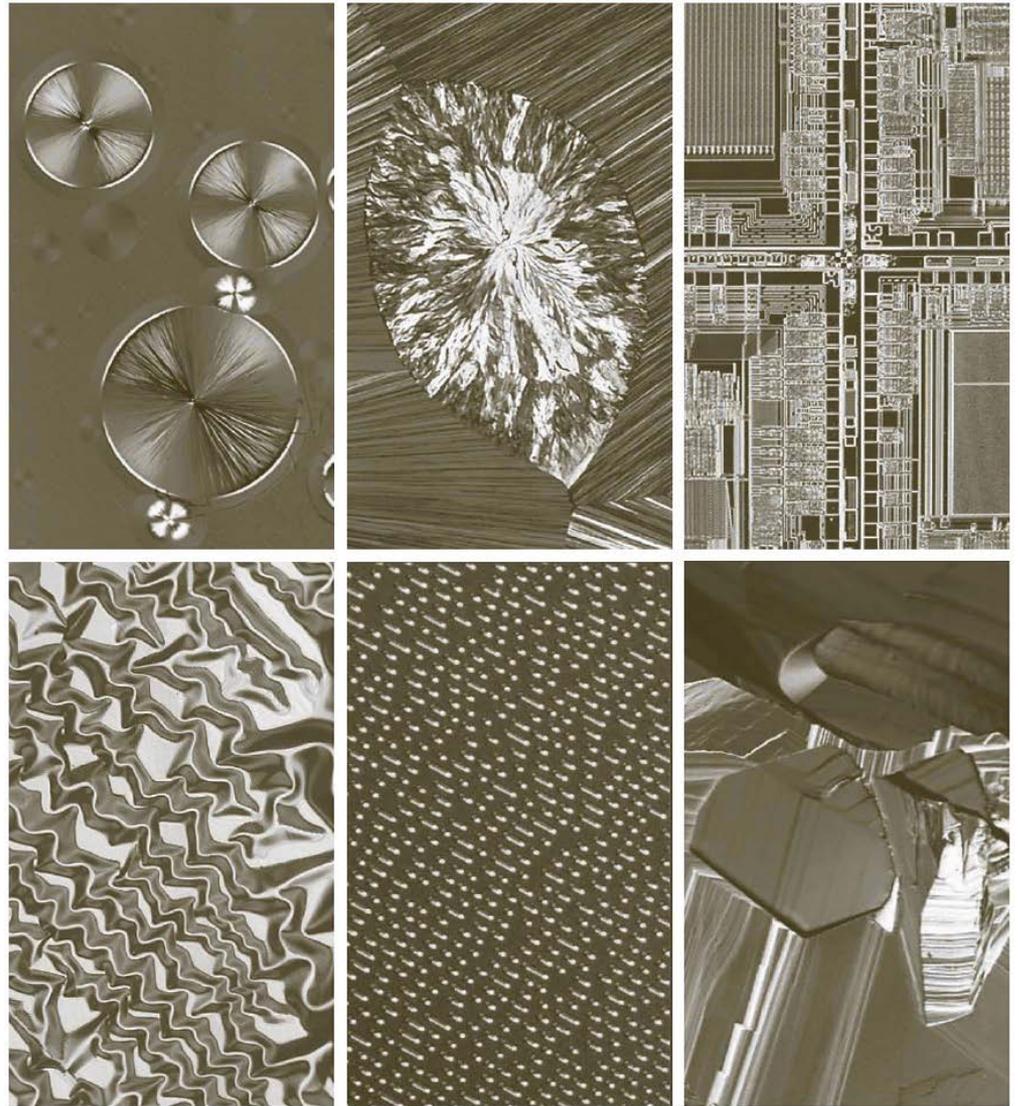


a	d
b	e
c	

**FIGURE 1.7** Examples of X-ray imaging. (a) Chest X-ray. (b) Aortic angiogram. (c) Head CT. (d) Circuit boards. (e) Cygnus Loop. (Images courtesy of (a) and (c) Dr. David R. Pickens, Dept. of Radiology & Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center; (b) Dr. Thomas R. Gest, Division of Anatomical Sciences, University of Michigan Medical School; (d) Mr. Joseph E. Pascente, Lixi, Inc.; and (e) NASA.)

© R. C. Gonzalez & R. E. Woods, Digital Image Processing

# Mikroskopie



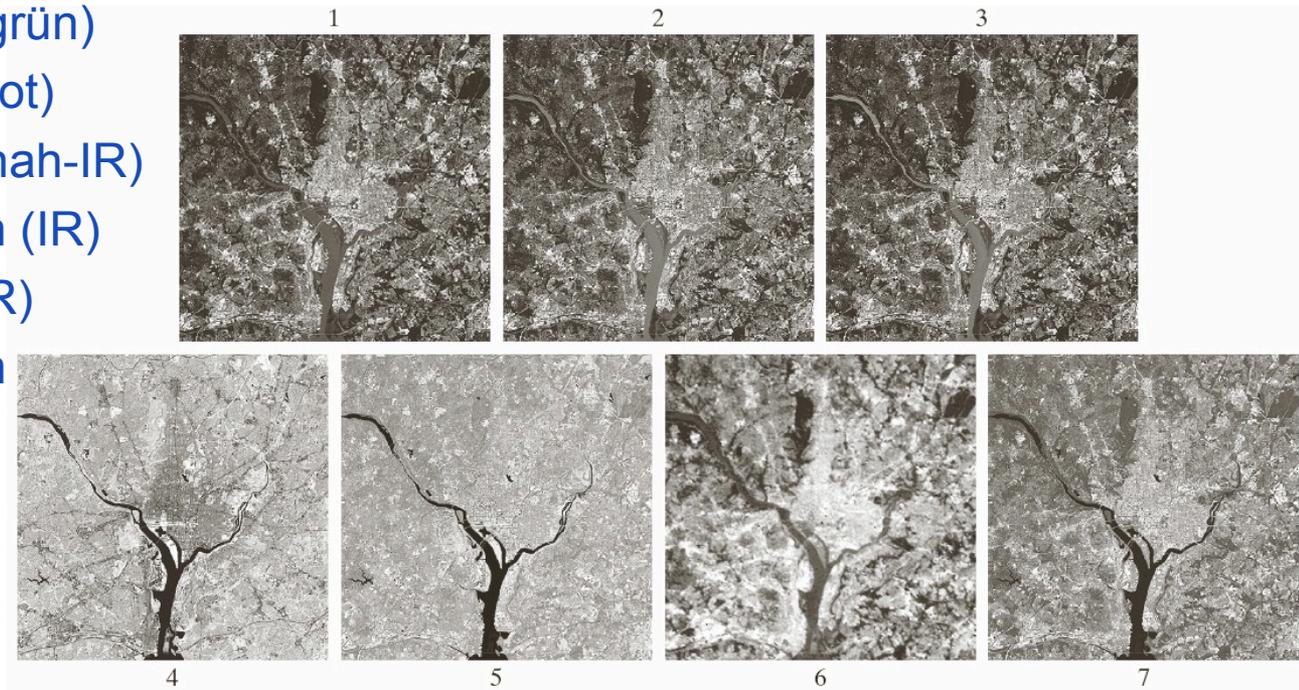
**FIGURE 1.9** Examples of light microscopy images. (a) Taxol (anticancer agent), magnified 250 $\times$ . (b) Cholesterol—40 $\times$ . (c) Microprocessor—60 $\times$ . (d) Nickel oxide thin film—600 $\times$ . (e) Surface of audio CD—1750 $\times$ . (f) Organic superconductor—450 $\times$ . (Images courtesy of Dr. Michael W. Davidson, Florida State University.)

© R. C. Gonzalez & R. E. Woods, Digital Image Processing

# Satellitenbilder zur Erdbeobachtung

- Verschiedene Wellenlängenbereiche sind für unterschiedliche Zwecke geeignet

1. 450-520nm (blau)
2. 520-600nm (grün)
3. 630-690nm (rot)
4. 760-900nm (nah-IR)
5. 1550-1750nm (IR)
6. 1040-1250 (IR)
7. 2080-2350nm (IR)

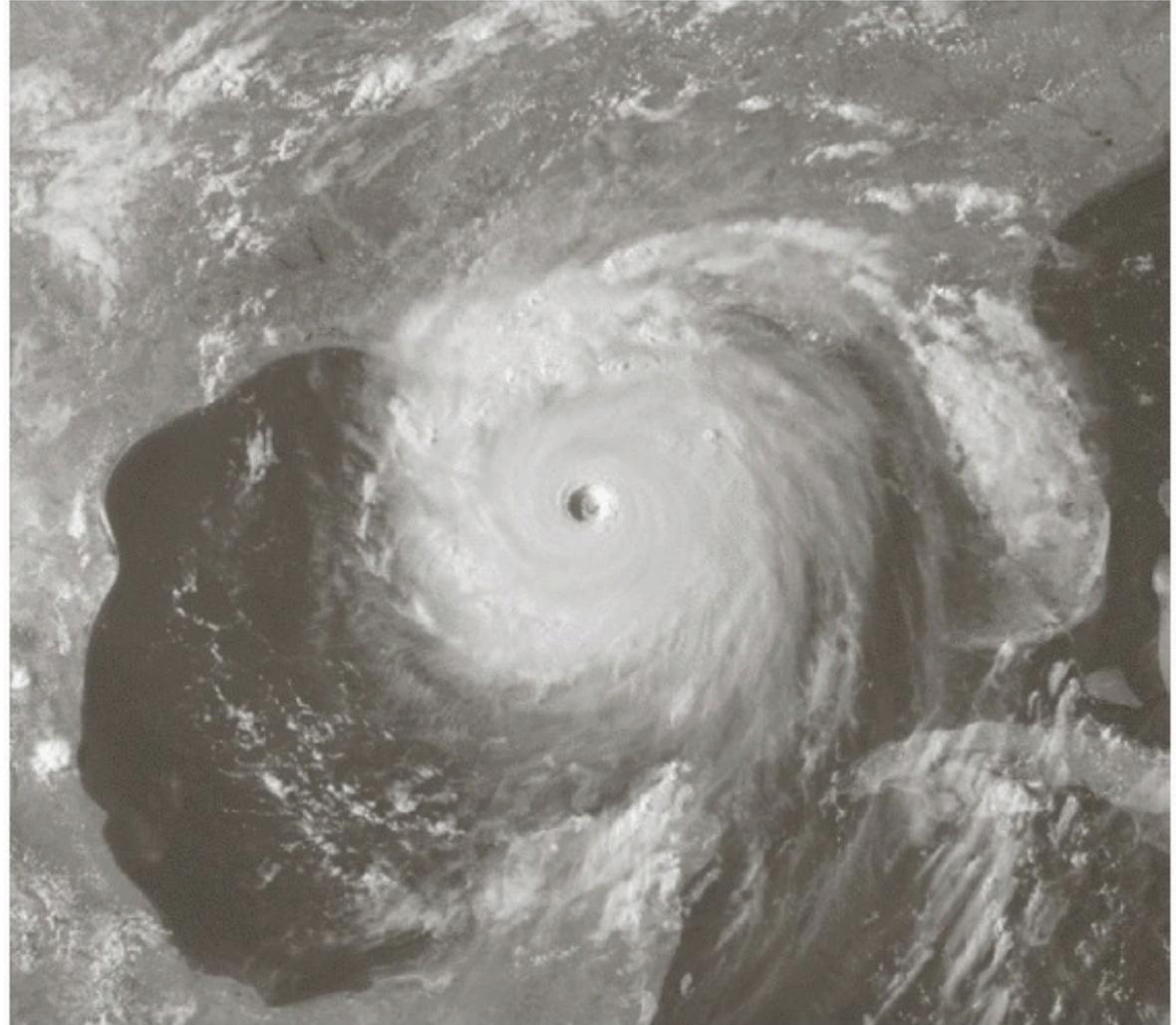


**FIGURE 1.10** LANDSAT satellite images of the Washington, D.C. area. The numbers refer to the thematic bands in Table 1.1. (Images courtesy of NASA.)

© R. C. Gonzalez & R. E. Woods, Digital Image Processing

# Satellitenbilder zur Wetterbeobachtung

- Wirbelsturm  
(Katrina, 2005)



**FIGURE 1.11**  
Satellite image  
of Hurricane  
Katrina taken on  
August 29, 2005.  
(Courtesy of  
NOAA.)

© R. C. Gonzalez & R. E. Woods, Digital Image Processing

# Population, Energieverbrauch, etc.

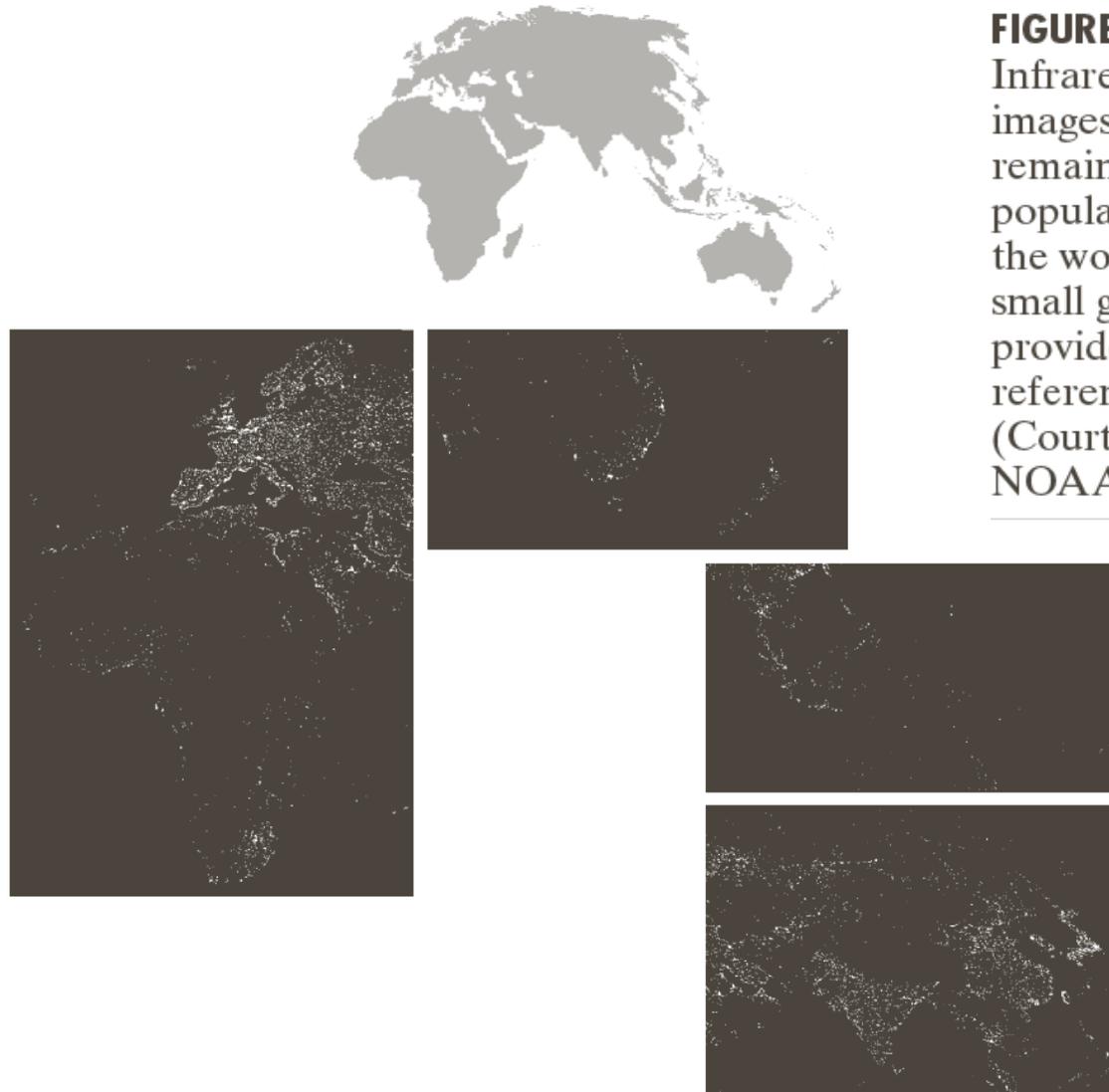


**FIGURE 1.12**

Infrared satellite images of the Americas. The small gray map is provided for reference. (Courtesy of NOAA.)

---

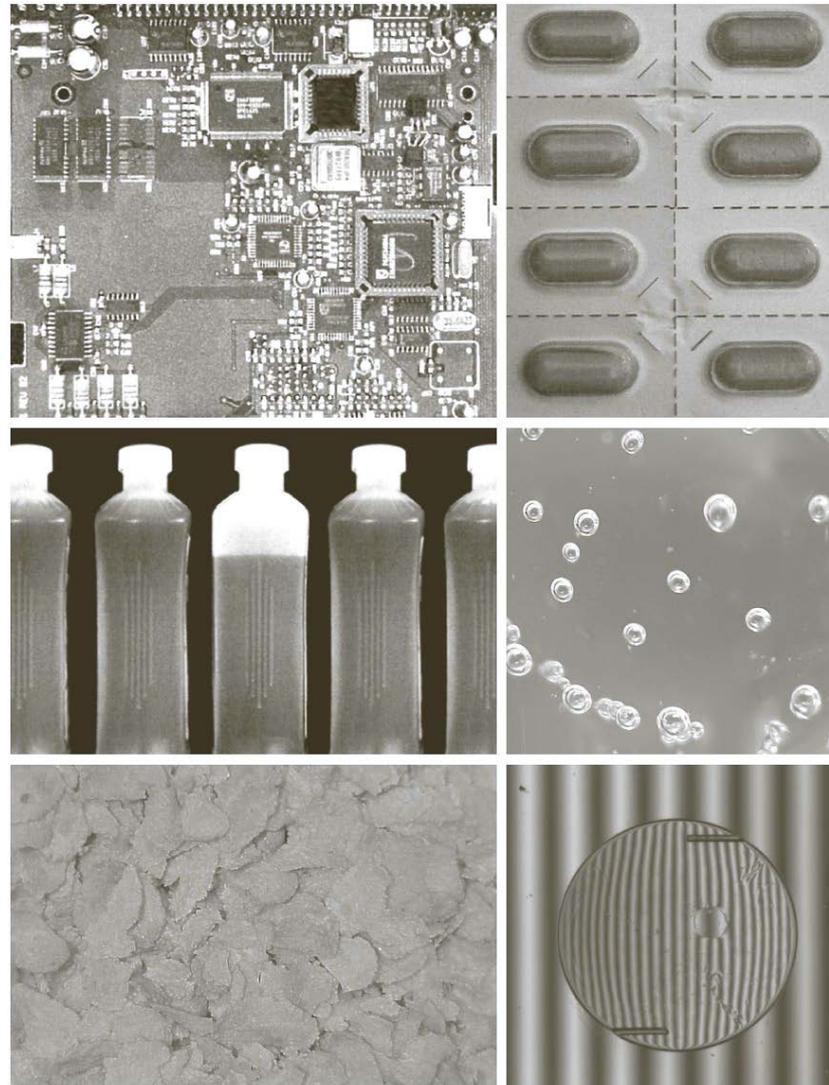
# Population, Energieverbrauch, etc.



**FIGURE 1.13**

Infrared satellite images of the remaining populated part of the world. The small gray map is provided for reference. (Courtesy of NOAA.)

# Qualitätskontrolle von Produkten



a	b
c	d
e	f

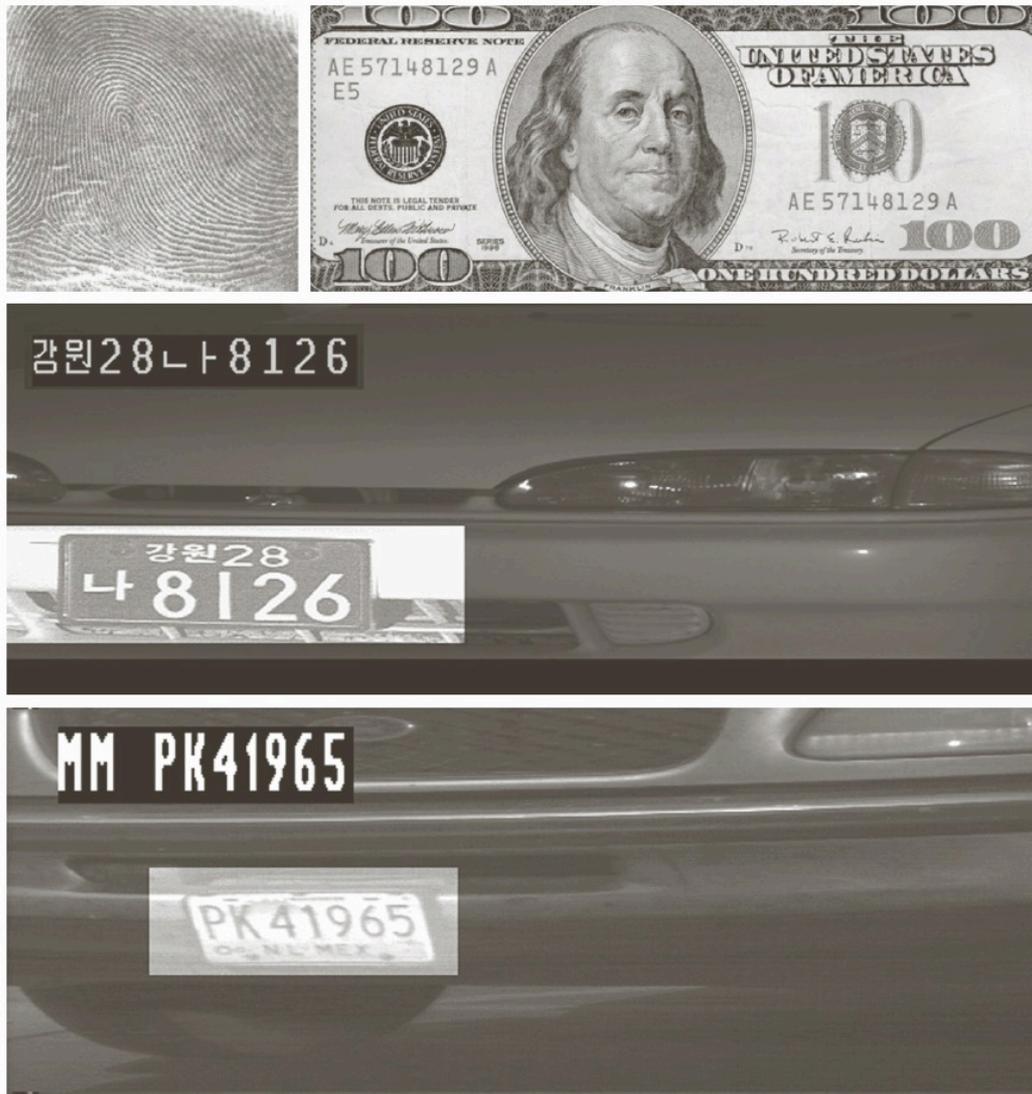
**FIGURE 1.14**

Some examples of manufactured goods often checked using digital image processing.

- (a) A circuit board controller.
  - (b) Packaged pills.
  - (c) Bottles.
  - (d) Air bubbles in a clear-plastic product.
  - (e) Cereal.
  - (f) Image of intraocular implant.
- (Fig. (f) courtesy of Mr. Pete Sites, Perceptics Corporation.)

© R. C. Gonzalez & R. E. Woods, Digital Image Processing

# Erkennung von Symbolen und Mustern

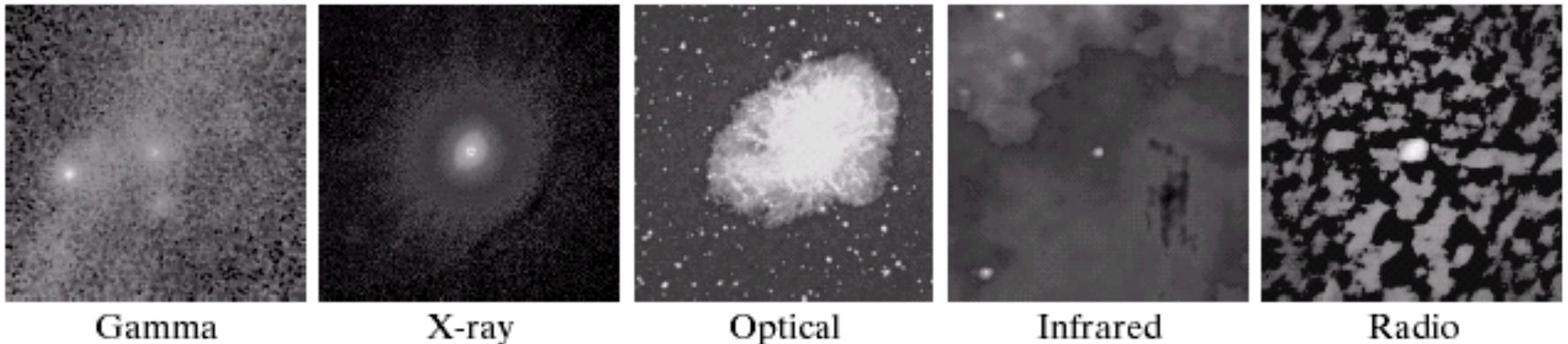


a b  
c  
d

**FIGURE 1.15** Some additional examples of imaging in the visual spectrum. (a) Thumb print. (b) Paper currency. (c) and (d) Automated license plate reading. (Figure (a) courtesy of the National Institute of Standards and Technology. Figures (c) and (d) courtesy of Dr. Juan Herrera, Perceptics Corporation.)

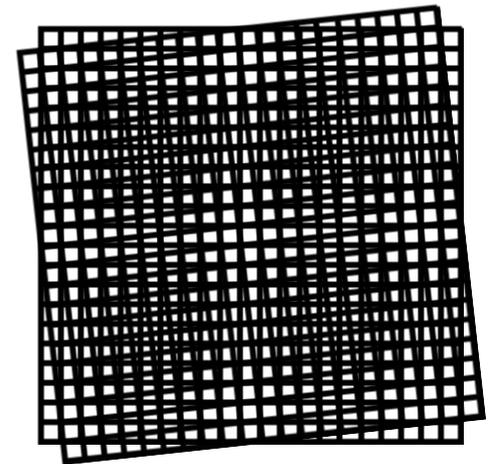
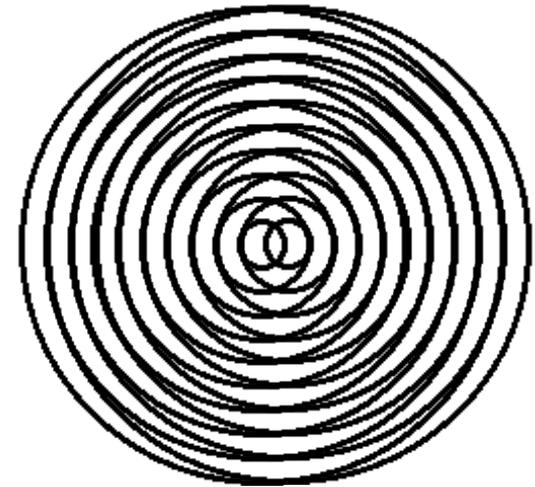
© R. C. Gonzalez & R. E. Woods, Digital Image Processing

# Astronomie



**FIGURE 1.18** Images of the Crab Pulsar (in the center of images) covering the electromagnetic spectrum. (Courtesy of NASA.)

# Moiré Muster vermindern

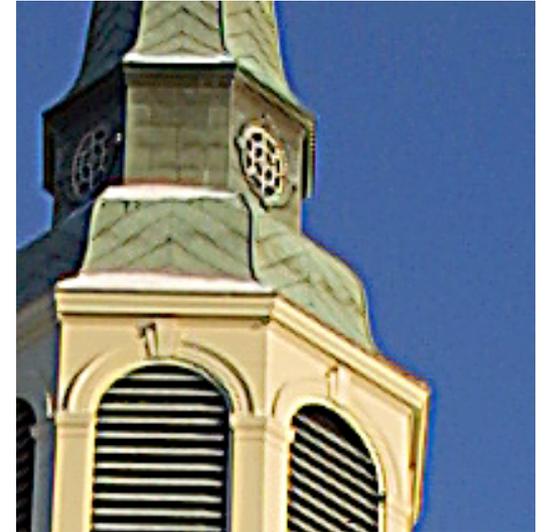


Quelle: <http://www.daube.ch/docu/glossary/moiree.html>

# Rauschen reduzieren

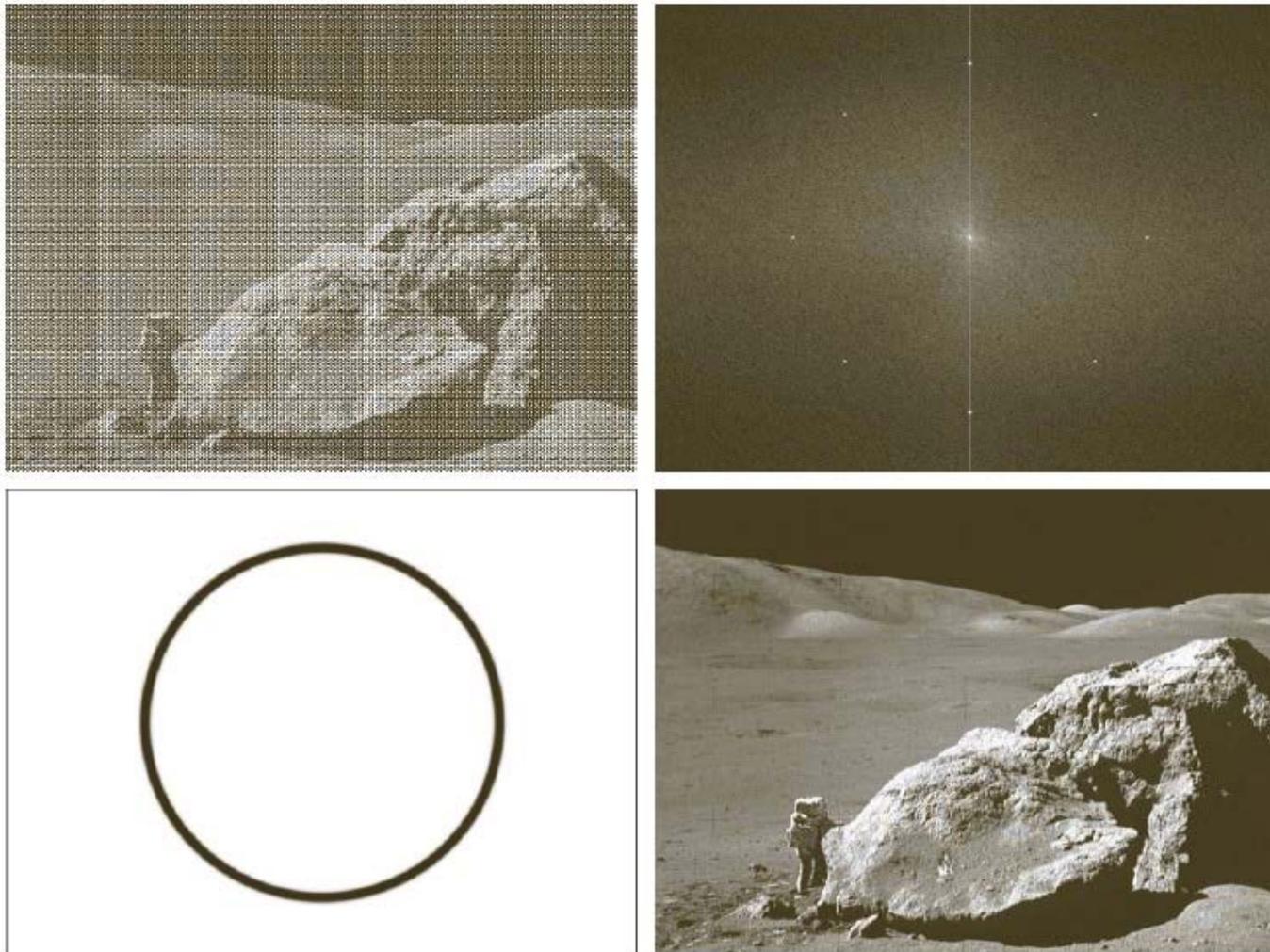


# Schärfe erhöhen



- Grundidee: Lokalen Kontrast erhöhen
- Verschiedene Methoden
- Automatisch in Digitalkameras

# Artefakte entfernen

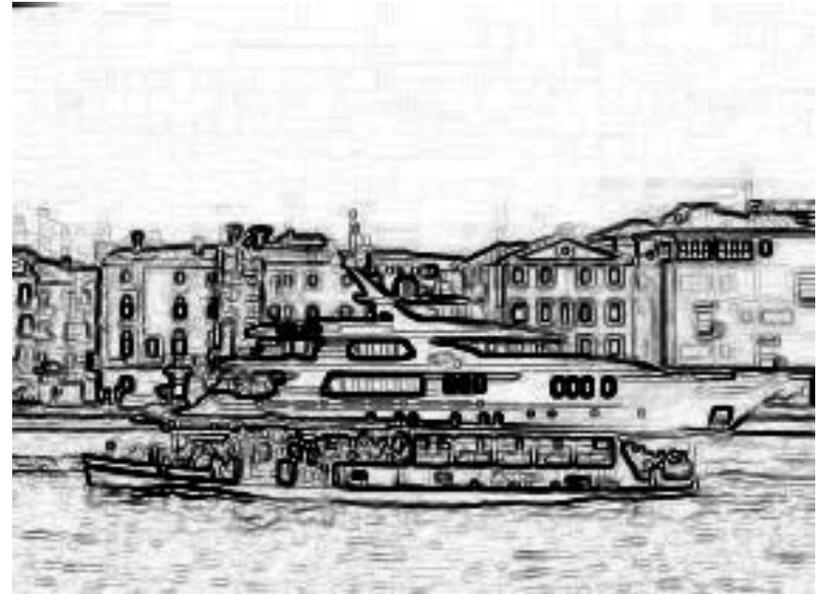


a b  
c d

**FIGURE 2.40**

(a) Image corrupted by sinusoidal interference. (b) Magnitude of the Fourier transform showing the bursts of energy responsible for the interference. (c) Mask used to eliminate the energy bursts. (d) Result of computing the inverse of the modified Fourier transform. (Original image courtesy of NASA.)

# Kantenerkennung



- Grundidee: Finden starker Intensitäts- oder Farbänderungen
- Bilder „stilisieren“
- Basis für Objekterkennung

# Morphologische Operatoren

Test 1 2 3

Test 1 2 3

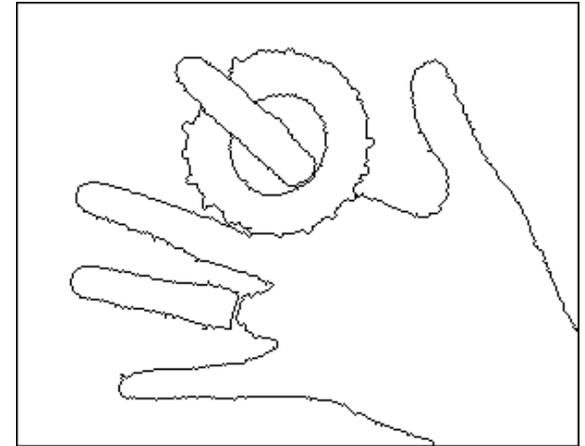
**Test 1 2 3**

**Test 1 2 3**

**Test 1 2 3**

- Boolesche Operationen zwischen Pixeln im Bild und Pixel eines „strukturierenden Elements“
- „Erosion“ und „Dilatation“ von Bereichen
- Schließen von Löchern
- Beseitigung von Störungen

# Segmentierung



- Gruppierung von Pixeln zu größeren Einheiten
- keine Annahmen über Bedeutung (bottom up)
- vollständig und überdeckungsfrei
- Grundlage für die Erkennung von Formen

# Mobile Tagging: QR Codes

Newspapers, business cards, coupon flyers, etc.



**WELT KOMPAKT**  
Freitag, 9. November 2007 + Redaktionsabschluss 23:08 Uhr + 8 / Nr. 241 / 22 Cent

Umfrage: Merkel ist beliebter als der Papst **Politik, Seite 4**  
Bier soll 40 Prozent teurer werden **Wirtschaft, Seite 12**

**Zeitung Handy Internet**

**WELT KOMPAKT ist ab heute Ihr Link ins mobile Internet**

Ein magisches Quadrat macht's möglich - Mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los

**Streik lässt die Bänder still stehen**  
Kern - Nach dem Beginn des Laubfrühlens sind die Bänder still stehen. Die meisten Vorkunden der Telekom-Firma in Deutschland sind mit dem Streik der Telekom-Fachleute nicht zufrieden. Die Telekom-Fachleute sind in der nächsten Woche von der Telekom-Fachleute nicht zufrieden. Die Telekom-Fachleute sind in der nächsten Woche von der Telekom-Fachleute nicht zufrieden.

**NACHRICHTEN**  
**SCHWELGENSANDAL**  
**Neue Dimensionen**  
Die Schwelgen werden ab dem 1. Januar in Höhe von 1,2 Milliarden Euro erhöht.

**HEFA-POKAL**  
**Handelsgüter und Handelskammer**  
Nicht-Food-Handelsgüter mit 2,2 bis 3,5 Prozent, bis zum 1. Januar 2008.

**INSEKTEN-FOREST**  
**Robin Hood-Diner in Gofish**  
Lampenfänger schlagen Alarm: Der legendäre Robin Hood ist in England fast abgehakt.

**SCHEISSREISE**  
**Das sticht, Das schwächer**  
Der Dax verlor am Freitag um 1,1 Prozent auf 1718,22 Punkte. Der Dax verlor am Freitag um 1,1 Prozent auf 1718,22 Punkte.

**ZUGREIFEN!**  
Gleichzeitig mit dem Preiskursverfall steigt die WELT die Wares die 2. Jahreshälfte in 11 Monaten. Der erste Handelsschritt ist die Wares die 2. Jahreshälfte in 11 Monaten.

**WELT ONLINE**  
**BEISTERN BEKOMMT**  
Die Spalten auf www.welt.de sind im Sommer fast viermal so groß wie im Sommer 2006.

senen Weg ins mobile Internet an geht. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

beten - Ein Frage nach dem Internet an geht. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

beten - Ein Frage nach dem Internet an geht. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

beten - Ein Frage nach dem Internet an geht. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

beten - Ein Frage nach dem Internet an geht. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

beten - Ein Frage nach dem Internet an geht. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

zugelassen. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

zugelassen. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

zugelassen. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

zugelassen. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

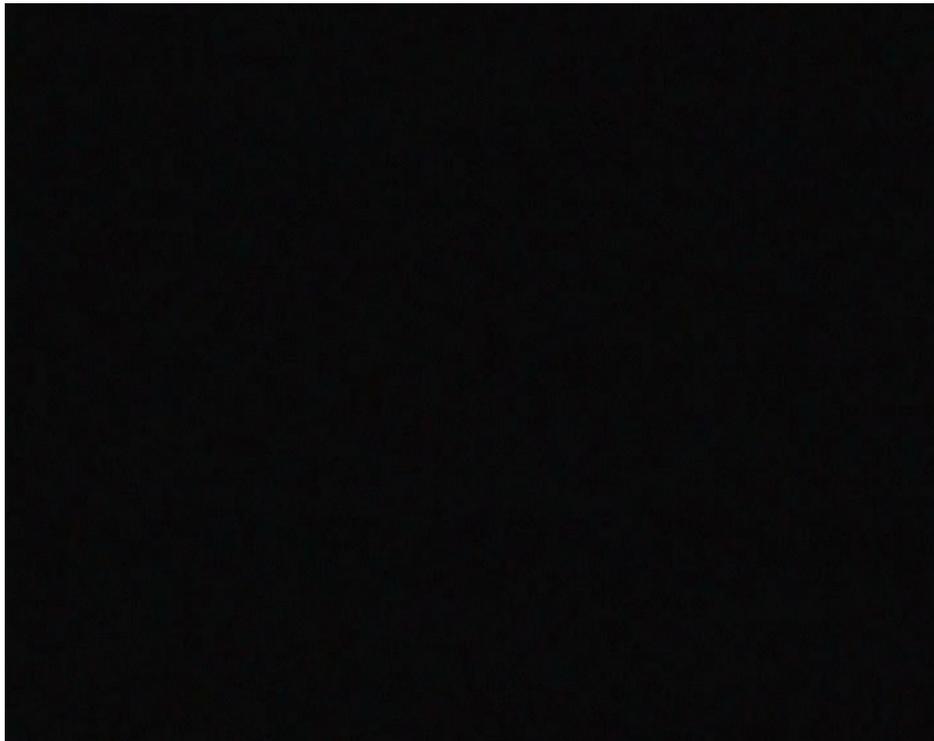
zugelassen. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

zugelassen. Die Welt-Kompakt-Programme werden mit dem Handy drauflaufen, schon geht's los.

Wie gesund ist Tee wirklich? Klinische Beweise für die Wohltaten gibt es nur wenige **Leben, Seite 25**

# Visual Code Widgets

- Printable user interface elements
  - Embedded in user's environment
  - Camera phone as “see-through tool“



# Handheld Augmented Reality Games on Cereal Boxes: “Penalty Kick”

## Augmented Reality Games on Product Packages

Michael Rohs, Jean-Daniel Merkli  
Institute for Pervasive Computing  
© 2005 ETH Zurich, Switzerland



# INFORMATION



Information text and legend for the map, including details about the city's layout and key locations.

# Server-based Image Recognition



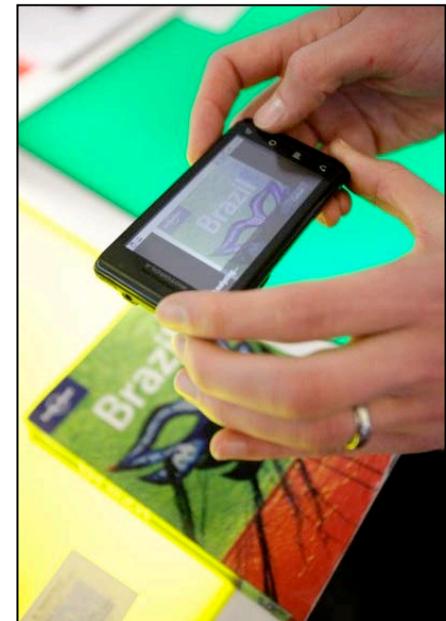
Source: Rahul Swaminathan, T-Labs

# Google Goggles

- Visual search queries for the Web

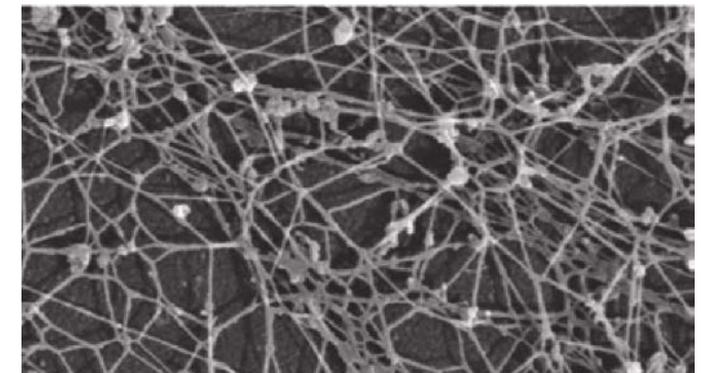
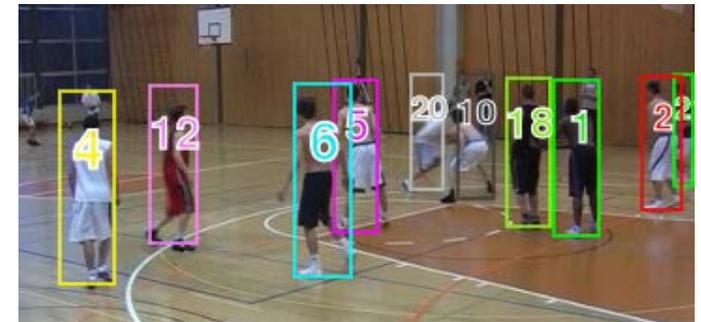
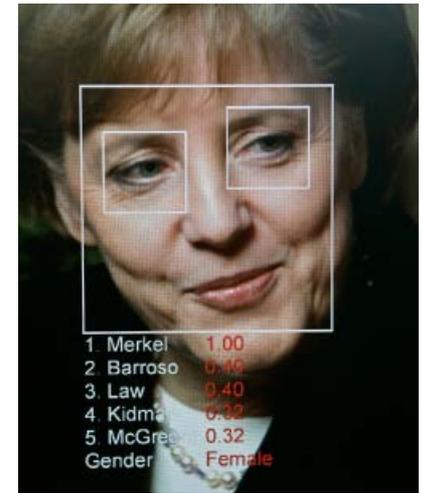


- Recognizes wide range of artifacts
  - Landmarks, barcodes, logos, book covers, etc.
- [www.google.com/mobile/goggles](http://www.google.com/mobile/goggles)



# und vieles mehr...

- Gesichtserkennung
- Tracking von Personen, Überwachung
- Schrift- und Zeichenerkennung
- Erkennung Objekt/Szene
- Erkennung von Tumorzellen



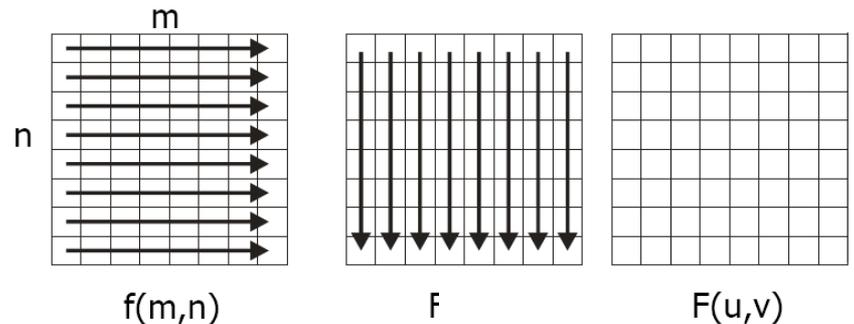
# VORLESUNG & ÜBUNG

# Vorlesungen

Datum	Thema
3.5.2011	Organisatorisches (Übungen, Klausur), Einführung
10.5.2011	keine Vorlesung (CHI)
17.5.2011	Grundbegriffe, Licht, Farbe, Abtastung von Bildern
24.5.2011	Digitale Bilder, Digitalfotografie, Farbmanagement
31.5.2011	Kontrastverbesserung, Konvolution, Filterung im Ortsraum
7.6.2011	Fouriertransformation: Grundlagen
14.6.2011	Fouriertransformation: 2D-FT, FFT
21.6.2011	Filterung im Frequenzraum, Bildverbesserung
28.6.2011	Kantenerkennung
5.7.2011	Segmentierung
12.7.2011	Morphologische Operationen
19.7.2011	Marker-Erkennung
26.7.2011	Klassifikation, SIFT, image matching

# Separabilität

$$\begin{aligned}
 F(u, v) &= \frac{1}{N^2} \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \exp\left[-i \frac{2\pi}{N} (um + vn)\right] = \\
 &= \frac{1}{N^2} \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \exp\left[-i \frac{2\pi}{N} um\right] \exp\left[-i \frac{2\pi}{N} vn\right] = \\
 &= \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} \left( \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \exp\left[-i \frac{2\pi}{N} vn\right] \right) \exp\left[-i \frac{2\pi}{N} um\right] = \\
 &= \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} \exp\left[-i \frac{2\pi}{N} um\right] \left( \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \exp\left[-i \frac{2\pi}{N} vn\right] \right) = \\
 &= \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} \exp\left[-i \frac{2\pi}{N} um\right] F_u(m)
 \end{aligned}$$



- Vorgehensweise:  $F_u(m)$  für alle Spalten  $m$  berechnen und dann bei den Zeilen verwenden.

# Übungen

- Praktische Umsetzung der Konzepte aus der Vorlesung
  - Praktische Erfahrung mit grundlegenden Algorithmen der Bildverarbeitung
- Individuelle Bearbeitung, Abgabe per Email
- Ort und Zeit
  - Donnerstag 14-16 und 16-18 Uhr
  - Theresienstraße 39, Raum B 133
- Tools
  - Python: [docs.python.org/tutorial/index.html](https://docs.python.org/tutorial/index.html)
  - NumPy: [www.scipy.org/Tentative\\_NumPy\\_Tutorial](http://www.scipy.org/Tentative_NumPy_Tutorial)
  - matplotlib: [matplotlib.sourceforge.net/index.html](http://matplotlib.sourceforge.net/index.html)

# Numpy Beispiel: FT anzeigen

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as pp

a = pp.imread('/.../ente.png')

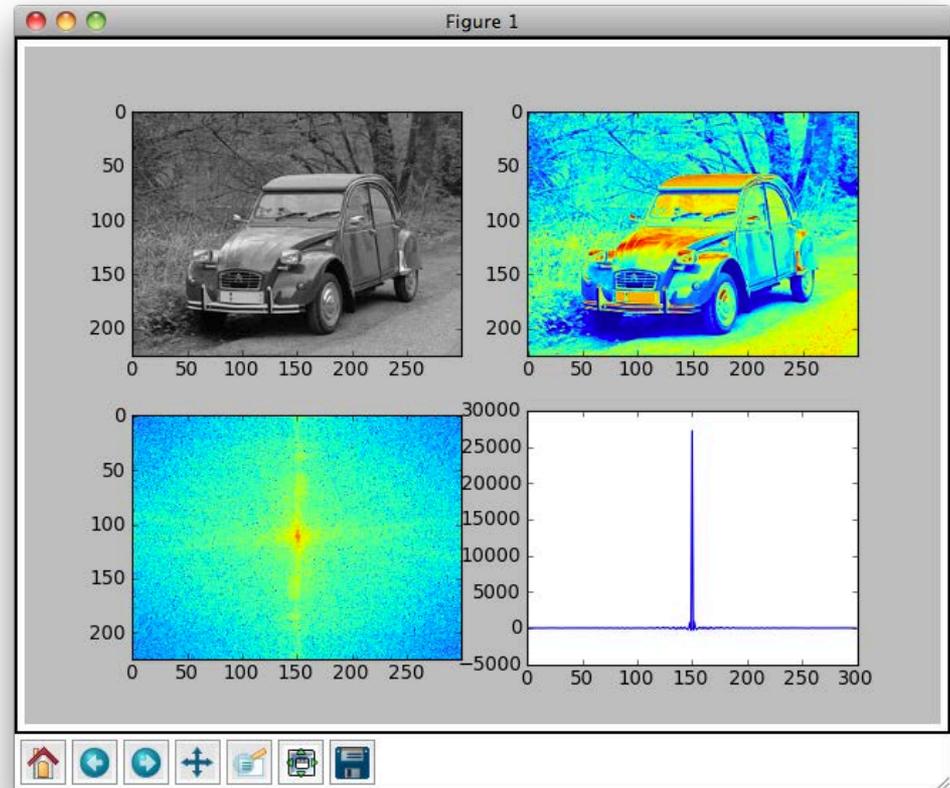
pp.figure(1)
pp.subplot(221)
pp.imshow(a, cmap=pp.get_cmap('gray'))
pp.subplot(222)
pp.imshow(a)

b = np.fft.fft2(a)
b = np.fft.fftshift(b)

pp.subplot(223)
pp.imshow(np.log(np.abs(b)))

s = np.shape(b)
x = np.arange(0,s[1])
y = b[s[0]/2, x]
pp.subplot(224)
pp.plot(x, y)

pp.show()
```



# PLAGIATE?

besser nicht!

# Klausur

- am Ende des Semesters (z.B. letzter VL-Termin?)
- Stoff ist Inhalt der Vorlesung **und** der Übung
- geprüft wird, ob das Handwerkszeug sitzt
  - Verständnis, nicht auswendig lernen!
  - Daumenregel: Wer die Übungsblätter geschafft hat, braucht die Klausur nicht zu fürchten
- Wiederholungsklausur wie vorgeschrieben
  - vermutlich kurz vor Beginn des folgenden Semesters

# Credit Points

- Umfang: 2 SWS Vorlesung, 2 SWS Übung
  - ECTS-Credits: 4 (Vorlesung) + 2 (Übung)
  - Modul: WP10: Computergrafik II (für Master Medieninformatik)
- wöchentliche Übungen
  - Teilnahme freiwillig
  - empfohlen als Vorbereitung auf die Klausur
- Klausur
  - Stoff ist Inhalt der Vorlesung und der Übung

# Service

- Vorlesungsfolien vor der Vorlesung im Web
  - [www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ss11/cg2](http://www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ss11/cg2)
  - User: , Pwd:
- Übungsblätter und Folien zur Übung im Web
- UniWorX: CG2 (nicht CGII)
  - <http://www.pst.ifi.lmu.de/uniworx>
- Austausch/Diskussion
  - <http://www.die-informatiker.net/forum/Medieninformatik>
- Sprechstunde
  - Dienstag 13-14 Uhr

# Nicht Bestandteil der Vorlesung...

- 2D & 3D Vektorgrafik
  - > Butz: Computergrafik 1
- Bildkomprimierung
  - > Hussmann: „Medientechnik“ + „Digitale Medien“
- 3D Computer Vision
  - > eigenes komplexes Forschungsfeld

# Literatur

- Klaus D. Tönnies: Grundlagen der Bildverarbeitung.  
Pearson Studium, 2005.  
ISBN 3-8273-7155-4
- R.C. Gonzalez, R.E. Woods:  
Digital Image Processing.  
Prentice Hall, 3rd ed., 2007.  
ISBN 0-13-168728-X

