


  
**Bildverarbeitung**
  
 Prof. Dr. Thomas Tolxdorff

Vorlesung an der Charité - Universitätsmedizin Berlin

**Überblick Bildverarbeitung** 2

- Bilderzeugung
- Bildübertragung
- Bildbearbeitung
- Bildanalyse
- Szenenanalyse
- Aufbau eines digitalen Bildes
- Radiologische Bilderzeugung
- Klinische Anwendungen
- Lehr- und Lernsoftware
- Zusammenfassung

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik/CHARITÉ/CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Inhalt und Ziele der Veranstaltung** 3

Wenn Sie diese Vorlesung absolviert haben, dann kennen Sie:

- Aufbau und Größe digitaler Bilder
- mehrere Verfahren der radiologischen Bilderzeugung
- unterschiedliche Komplexitätsgrade der Anwendungsbereiche
- klinische Anwendungen in Diagnostik und Therapie
- eine Anwendung in der Lehre

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik/CHARITÉ/CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Bilderzeugung** 4

- Digitalkamera
- Desktop Publishing
- Elektronische Medien
- Videospiele
- **Radiologie**

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik/CHARITÉ/CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Bildübertragung** 5

- Transport von Bildern über Kabel oder Satellit
- Bildkompression
- **Telemedizin**

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik/CHARITÉ/CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Bildbearbeitung** 6

- Rauschunterdrückung
- Verwackeln
- Veränderung aus ästhetischer Sicht
- Kontrastverdeutlichung
- **Registrierung**

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik/CHARITÉ/CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Bildanalyse

7

- Erkennung von Schriftzeichen
- Überprüfung der Maßhaltigkeit von Werkstücken
- Vollständigkeitskontrolle bestückter Leiterplatten
- Kontrolle der Garnierung von Keksen
- Rückgabe von Pfandflaschen
- Analyse von Zellproben
- Ermittlung von Umweltschäden aus Luftbildern
- Steuerung von Robotern
- Segmentierung**

Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Szenenanalyse

8

- explorative Roboter (Marsmission)
- führerlose PKW oder Flugzeuge
- Trackersysteme in der Roboterchirurgie**

Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Digitale Bilder

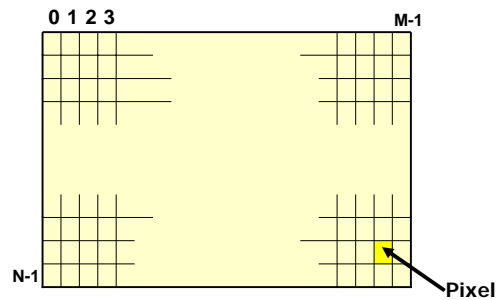
9

- Matrix mit **N** Zeilen und **M** Spalten
- Oft (aber nicht notwendigerweise) quadratisch  $N=M$
- Gängige Werte
  - $N = M = 128, 256, 512, 1024$  (Medizin)
  - $N = 512, 768$  (Bildschirmformate)
  - $M = 768, 1024$
- Elemente der Matrix heißen **Pixel** (picture element)
- Werte der Matrix 0 (schwarz) bis 255 (weiß)  
(1 Byte =  $2^8$ )
- Wert eines Pixels heißt **Grauwert**
- Binärbild = Werte der Pixel entweder 0 oder 1

Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Aufbau eines digitalen Bildes

10



Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Aufbau eines digitalen Bildes

11



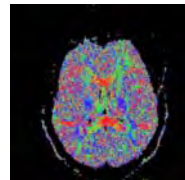
218	295	364	356
318	324	277	199
185	160	139	127
118	122	130	136

Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Digitale Bilder

12

- Falschfarbendarstellung
- Echtfarbendarstellung



Quelle: dkfz, Heidelberg

Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Digitale Bilder

13

- Bildgröße bei  
N = M = 512 und 256 Grauwerten: 256 KByte  
**(100 maschinengeschriebene A4-Seiten)**
- 1 Minute bei 10 Bildern pro Sekunde >100 Mbyte  
**(60.000 A4-Seiten = 3m Stapel!)**

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

14

- Röntgen
- Computertomographie (CT)
- Magnetresonanztomographie (MRT)
- Angiographie
- Szintigraphie, SPECT, PET
- Sonographie

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

15

### Konventionelle Röntgendiagnostik

- **Weichstrahltechnik**  
(20 – 40 kV Röhrenspannung)
- **Hartstrahltechnik**  
(100 – 150 kV Röhrenspannung)
- **Digitale Radiographie**  
(Speicherfolien und Laserscanner)



Quelle: Charité, Kinderradiologie, Prof. B. Stöver

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

16

### Computertomographie

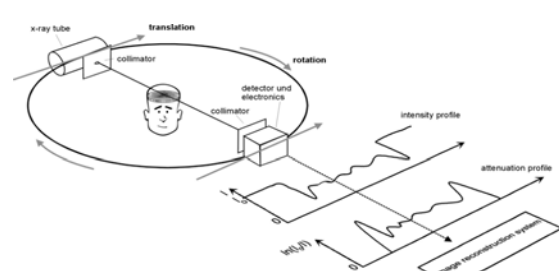
- Kreisende Röntgenröhre
- Schichtbildverfahren
- Dichteinformation in Hounsfield-Units (HE oder HU)  
Wasser = 0  
Luft = - 1000

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

17

### Computertomographie



Quelle: Universität Marburg, online-media

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

18

### Computertomographie

- Fensterung (Breite und Mittelpunkt)  
Weichteile 350/50  $\pm 50 \pm 350$   
Knochen 2000/500  $\pm 500 \pm 2000$
- Hyperdens (Erhöhung der Dichte)
- Hypodens (Verminderung der Dichte)
- Nativaufnahme (ohne Kontrastmittel)

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

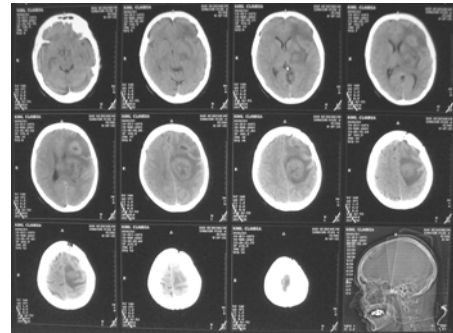
19

- Schnittführungen **axial** (primär)  
**sagittal** (sekundär)  
**koronar** (sekundär)
- Spiral CT (kreisende Abtastung)
- 16-Zeiler (parallele Bilderzeugung von 16 Schichten)

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

20



Quelle: Claudia Kott

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

21

### Magnetresonanztomographie

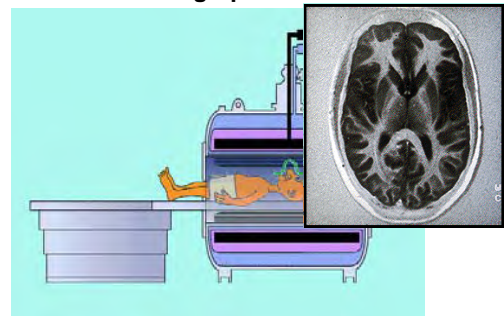
- Physikalisches Prinzip
  - Chemische Umgebung von Protonen
  - Einstrahlung eines Hochfrequenzsignals
  - Relaxationsprozesse
  - Abgabe von zuvor eingestrahelter Energie

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

22

### Magnetresonanztomographie



Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

23

### Magnetresonanztomographie

- Bildkontraste
  - Spindichte
  - Relaxationszeiten  $T_1$ ,  $T_2$
  - Diffusion
  - Perfusion
  - Elastizität

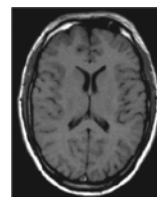
Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

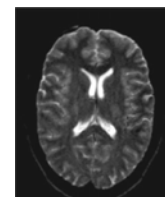
24

### Magnetresonanztomographie

- Bildkontraste
  - Relaxationszeiten  $T_1$ ,  $T_2$



$T_1$



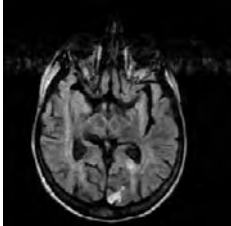
$T_2$

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

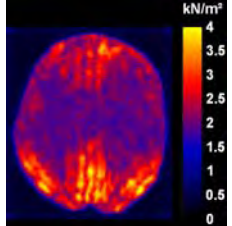
**Radiologische Bilderzeugung** 25

**Magnetresonanztomographie**

- Bildkontraste



**Diffusion**



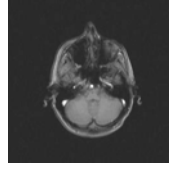
**Elastizität**

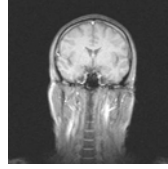
Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

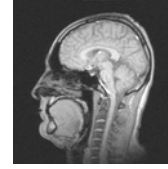
**Radiologische Bilderzeugung** 26

**Magnetresonanztomographie**

- Schnittführung

  
**axial**

  
**koronar**

  
**sagittal**

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Radiologische Bilderzeugung** 27

**Angiographie**

- Kontrastmittelgabe
- Gefäßdarstellung
- Röntgenaufnahme oder MR
- Digitale Subtraktions – Angiographie (DSA)
  - Differenzbilder mit/ohne Kontrastmittel
  - Abbildung von Gefäßstrukturen ohne Hintergrund

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Radiologische Bilderzeugung** 28

**MR-Angiographie**

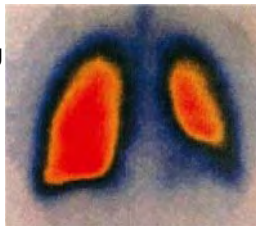


Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Radiologische Bilderzeugung** 29

**Szintigraphie**

- Radioaktive Substanzen (Gamma-Strahler)
- z.B. Technetium <sup>99</sup>Tc
- Bild der örtlichen Verteilung
- Lokalisation (Morphologie)
- Biologische Funktion



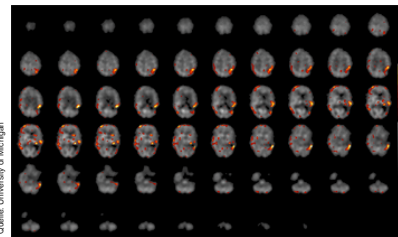
Quelle: Universität Karlsruhe, Prof. Kämpert

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Radiologische Bilderzeugung** 30

**SPECT**  
(Single-Photon-Emissions-Computer-Tomographie)

- Rotierender Gamma-Strahler
- Schichtbildverfahren (wie CT)



Quelle: University of Michigan

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

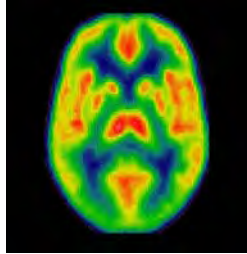
## Radiologische Bilderzeugung

31

### PET

(Positron-Emissions-Computer-Tomographie)

- Applikation von Radionukleotiden (z.B.  $^{11}\text{C}$ )
- Kurze Halbwertszeiten
- Registrierung von Photonenabsorption



Quelle: CopenhagenUniversity Hospital

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

32

### Sonographie

- Absorption von Ultraschall durch das Gewebe
- Reflexion und Laufzeit der Impulse
- Signalwandlung mit Piezokristallen
- **A-Scan** (Amplituden-Scan)
  - Entfernung der reflektierenden Grenzzone vom Schallkopf
- **B-Scan** (Brightness-Scan)
  - Zweidimensionale Darstellung der Echos durch schichtweise Abtastung

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

33

### Sonographie

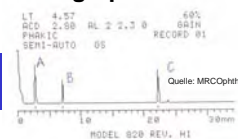
- **Doppler-Sono**
  - Richtung und Geschwindigkeit
  - Falschfarbendarstellung
- **Time-Motion-Sono**
  - Zeitliche Synchronisation durch EKG-Triggerung
- **3D-Scan**
  - Dreidimensionale Messung des Echomusters durch Rotationsscanner

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Radiologische Bilderzeugung

34

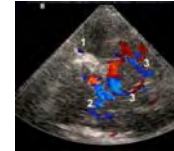
### Sonographie



Quelle: MRCOphth



Quelle: Homepage der ungeborenen Kinder



A = Vorderes Linsenecho  
B = Hinteres Linsenecho  
C = Netzhautecho



Quelle: Schlaganfallinitiative Regensburg e. V.

Quelle: Universität Würzburg, Frauenklinik

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Bildbearbeitung

35

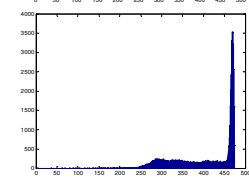
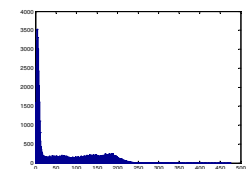
### Punktoperationen

- Histogrammveränderung
- Binarisierung
- Invertieren

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Bildbearbeitung


36




Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Bildbearbeitung

37



**Binärbild**



**Konturbild**

Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Bildbearbeitung

38


#### lokale Operatoren

- **Grauwertglättung**
  - Median
  - Mittelwert
- **Grauwertdifferenzen**
  - Laplace
  - Konturextraktion

Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

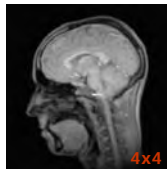
### Bildbearbeitung

39




**Original**

**Median**

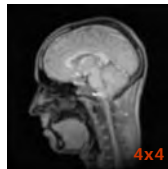


4x4




8x8

**Mittelwert**



4x4



8x8

Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Bildbearbeitung

40


#### Globale Operatoren

- **Fourier-Transformation** (2DFT)
  - Ortsbereich
  - Frequenzbereich

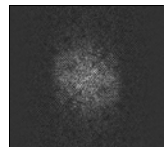
Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Bildbearbeitung

41



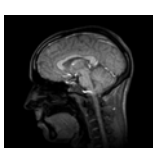
2D-FT →



↓

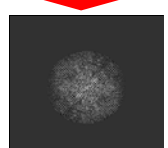
Tiefpass

↓



←

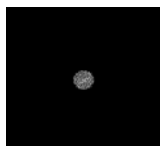
2D-iFT



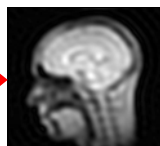
Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Bildbearbeitung

42



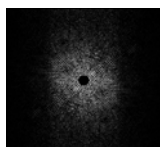
starker Tiefpaß →



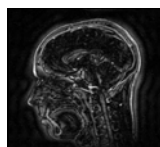
↓

Hochpaß

→



→



Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Bildanalyse

43

#### Segmentierungsverfahren

- Bereichssegmentierung
- Schwellwertoperatoren
- Kontursegmentierung
- Hough-Transformation
- Morphologische Bildverarbeitung

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Histogrammerzeugung

44

T<sub>1</sub>

T<sub>2</sub>

MR-Bild

1-D Histogramm

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Histogrammbasierte Segmentierung

45

beliebige Bilddaten

2D/3D-Histogramm

graphisch

ausgabe

automatische Segmentierung

Datenbank

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Segmentierung

46

2-D Histogramm

automatisch segmentiertes Histogramm

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Visualisierung der Segmentierungsergebnisse

47

Segmentierungsergebnis im Bildraum

Segmentierungsergebnis im Eigenschaftsraum

korrespondierendes Gewebe im Bildraum

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

### Anwendung von Segmentierungsverfahren

48

#### Unterscheidung akut / chronische Hirninfarkte

DWI

ADC

T<sub>2</sub>W

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Bildanalyse** 49

**Texturanalyse**

- Energie:  $M_1 = \sum_{r=0}^{R-1} \sum_{c=0}^{C-1} f(r,c)^2$
- Kontrast:  $M_2 = \sum_{r=0}^{R-1} \sum_{c=0}^{C-1} (r-c)^2 \cdot f(r,c)^2$
- Entropie:  $M_3 = \sum_{r=0}^{R-1} \sum_{c=0}^{C-1} f(r,c) \cdot \log(f(r,c))$
- Homogenität:  $M_4 = \sum_{r=0}^{R-1} \sum_{c=0}^{C-1} \frac{f(r,c)}{1 + |r - c|}$

Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Bildanalyse** 50

**Mustererkennung**

- Zuordnung von Segmenten zu Klassen

**Wissensbasierte Bildverarbeitung**

- Automatische Interpretation von Bildern

**Bildsequenzanalyse**

- Verfolgung von Objekten in Bildfolgen

Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

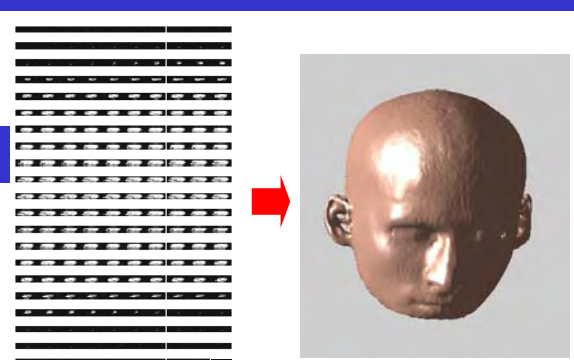
**Bildverarbeitung** 51

**3D-Bildverarbeitung**

- Dreidimensionale Rekonstruktion aus ebenen Schichten

Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Bildverarbeitung** 52

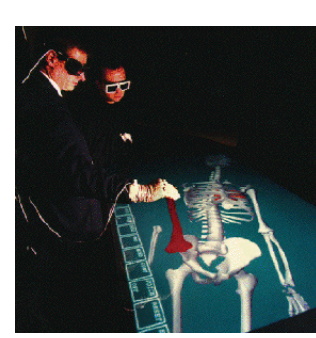


Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Bildverarbeitung** 53

**3D-Bildverarbeitung**

- Virtuelle Realität (VR)



Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

**Bildverarbeitung** 54

**Virtuelle Realität (VR)**

- Bedeutung der Sinne für VR-Systeme

Wahrnehmungssinn	Bandbreite in %	Zeitl. Auflösung in Hz	Kapazität in Bit/s	Einsatz in VR-Systemen
Sehen	70	20 - 55	$2 \cdot 10^8$	✓
Hören u. Gleichgewicht	20	20 - 16.000	$4 \cdot 10^4$	✓
Riechen	5	-	$1 \cdot 10^2$	-
Tasten	4	~ 1.000	$1 \cdot 10^5$	✓
Schmecken	1	-	$1 \cdot 10^1$	-

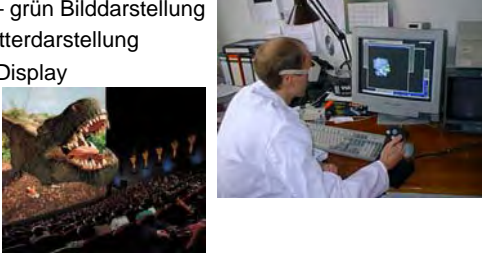
Prof. Dr. Tobisdorf - Medizinische Informatik CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Bildverarbeitung

55

### 3D-Bildverarbeitung

- Stereobilderzeugung
  - rot – grün Bilddarstellung
  - Shutterdarstellung
  - 3D-Display



Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

56

### Anwendungen

- Knochenimplantate
- Intraoperative Navigation


Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

57

### Knochenimplantate

- 3D - Rekonstruktion



Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

58

### Knochenimplantate

- 3D - Rekonstruktion



Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

59

### Knochenimplantate

- Klinischer Fall



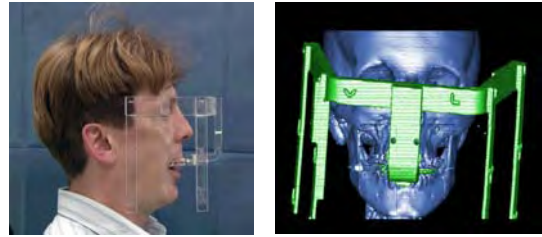
Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

60

### Intraoperative Navigation

- Definition von Landmarken



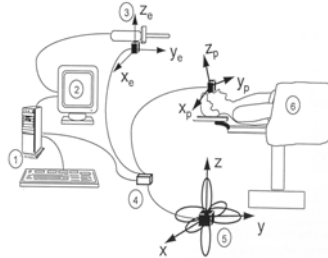
Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

61

### Intraoperative Navigation

- Elektromagnetischer 3D-Sensor



- 1 PC
- 2 Bildschirm
- 3 Empfänger
- 4 Interface
- 5 Signalquelle
- 6 Patient

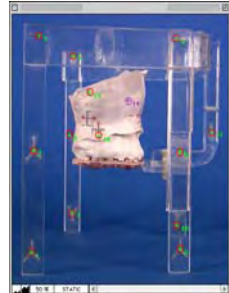
Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

62

### Intraoperative Navigation

- Kalibrierung des Systems



Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

63

### Intraoperative Navigation

- Präoperative Planungsphase



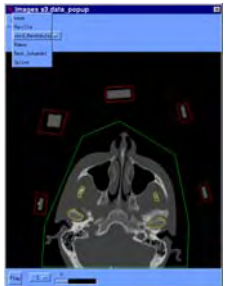
Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

64

### Intraoperative Navigation

- Segmentierung



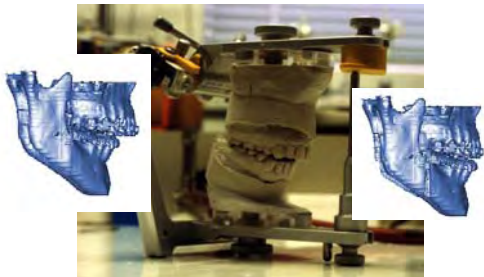
Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Bildbearbeitung

65

### Intraoperative Navigation

- Simulation im Artikulator



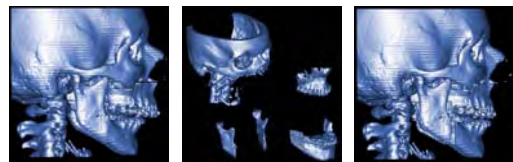
Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

66

### Intraoperative Navigation

- Simulation am Rechner



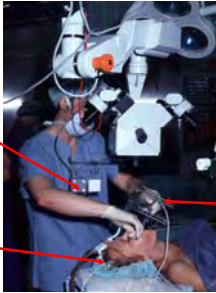
Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

67

### Intraoperative Navigation

- Lage der 3D-Sensoren



**1 Signalgeber**

**2 Detektor**

**3 Splint**

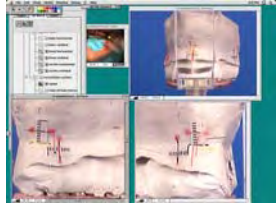

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Klinische Anwendungen

68

### Intraoperative Navigation

- Überlagerung mit der Planung

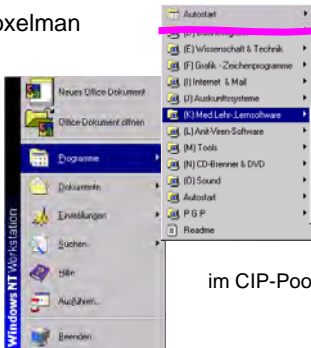



Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Lehr- und Lernsoftware

69

### Voxelman




im CIP-Pool des CBF verfügbar

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Lehr- und Lernsoftware

70

### Voxelman

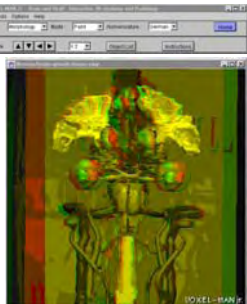


Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Lehr- und Lernsoftware

71

### Voxelman



**Instruction: View the brain along perpendicular MRPs**

This is a RED-GREEN stereo image. Please use the RED-GLASS glasses.

With this scene you can visualize the deep structures of the brain, the arterial blood vessels, by showing the vessel layers. The picture for subsequent stereo optical examination. Switch to RED-GLASS glasses about the blood supply to the brain, anatomy and pyramidal and basal ganglia are no functional area behind the deep structures.

Change a region and track your knowledge by clicking on it in the OBJECT LIST in FAINT mode.

Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Lehr- und Lernsoftware

72

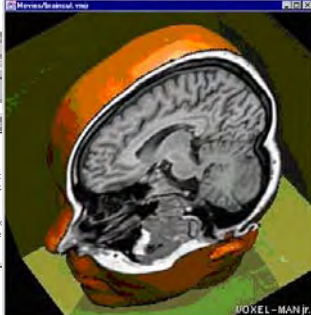
### Voxelman

**Instruction: View the brain along perpendicular MRPs**

horizontal: cut along sagittal plane  
vertical: cut along transverse plane

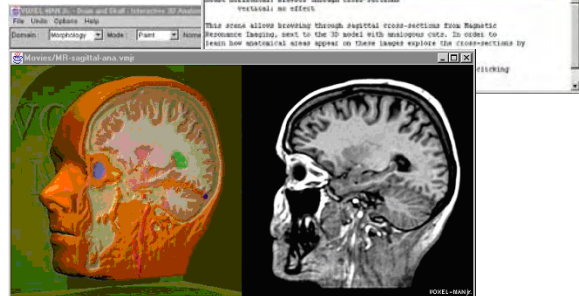
Learn corresponding anatomy on sagittal and transverse movie when studying actual MR scans in order to learn functional and blood supply areas.

Explore the cross-sections by selecting the corresponding SUPPLY and then clicking on them (with the che



Prof. Dr. Tolxdorff - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

■ Voxelman



■ Voxelman



■ Voxelman



■ Zusammenfassung

- es gibt sehr unterschiedliche Komplexitätsklassen der digitalen Bildverarbeitung
- die meisten radiologischen Bildklassen sind primär digital
- es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Bildkontraste oftmals in der gleichen Schicht
- die Bildverarbeitung verbessert häufig den visuellen Eindruck bei gleichzeitiger Reduktion des Informationsgehaltes
- es gibt zahlreiche Anwendungen digitaler Bildverarbeitung in Diagnostik, Therapie und Lehre
- hohes Datenaufkommen