

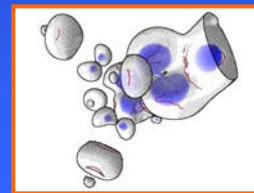
Rendering Methods for Augmented Reality

- Darstellungsverfahren für die Erweiterte Realität -

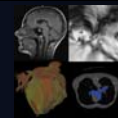
Promotionskolloquium am 14.06.2006

Dipl.-Inform. Jan T. Fischer

WSI / GRIS – VCM, Universität Tübingen

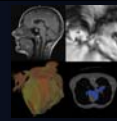


WS GRIS Gliederung



- **Einführung**
- Medizinische Erweiterte Realität
- Stilisierte Erweiterte Realität
- Illustrative Visualisierung und AR
- Zusammenfassung und Ausblick

ws GR/s Was ist Augmented Reality?



Definition [Azuma 1997]

- **Verknüpfung** der realen Sicht mit Computergraphik
- **Interaktive** Echtzeit-Darstellung
- Korrekte **dreidimensionale Ausrichtung** („*Tracking*“)

Bezeichnungen

- **Erweiterte Realität** (*Augmented Reality*, **AR**)
- **Gemischte Realität** (*Mixed Reality*, **MR**)

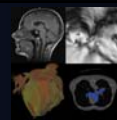
Video see-through AR

- **Digitales Kamerabild** + Computergraphik



[Fischer et al. 2002]

ws GR/s Rendering für die Erweiterte Realität



Rendering: Bilderzeugung mittels computergraphischer Verfahren

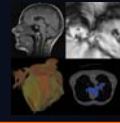
In der Augmented Reality:

- Üblicherweise Verwendung von **Standardbibliotheken** (z.B. OpenGL)
- **Darstellungsartefakte** wie Aliasing
- Abweichende **Beleuchtungsparameter** zwischen realen und virtuellen Objekten

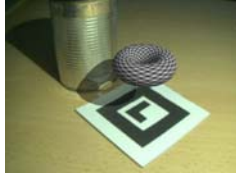


⇒ **Wichtige und komplexe Herausforderung**

Aber: Rendering für die AR bisher **relativ wenig beachtetes** Aufgabenfeld



Darstellung künstlicher Schatten



[Haller et al. 2003]

Künstlerische Darstellung virtueller Objekte



[Haller 2004]

Analyse der Umgebungsbeleuchtung

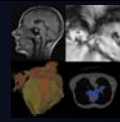


[Heymann et al. 2005]

Schätzung der Bildunschärfe



[Okumura et al. 2006]



- Einführung
- **Medizinische Erweiterte Realität**
- Stilisierte Erweiterte Realität
- Illustrative Visualisierung und AR
- Zusammenfassung und Ausblick

WS GR/S Medizinische Erweiterte Realität

- **Unterstützende Einblendung** von Informationen über den Patienten (z.B. **Organ- und Risikostrukturen**)



Skizze: Brustbiopsie [UNC Chapel Hill]



Skizze: Ultraschall-System [UNC Chapel Hill]



Brustbiopsie [UNC Chapel Hill]



Leber-Chirurgie [TU Graz]

WS GR/S ARGUS

- Entwicklung eines **neuen** medizinischen AR-Systems
- Basierend auf **existierender** medizinischer Gerätetechnik
- Einsatz der sogenannten **Image Guided Surgery (IGS)**



Infrarot-Trackingsystem

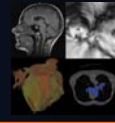
VectorVision-System (BrainLAB AG)



Bildschirmansicht der IGS-Software

⇒ **Augmented Reality based on Image GUIDed Surgery (ARGUS)**

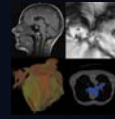
[Fischer et al., BMT 2004; Fischer et al., CURAC 2004]



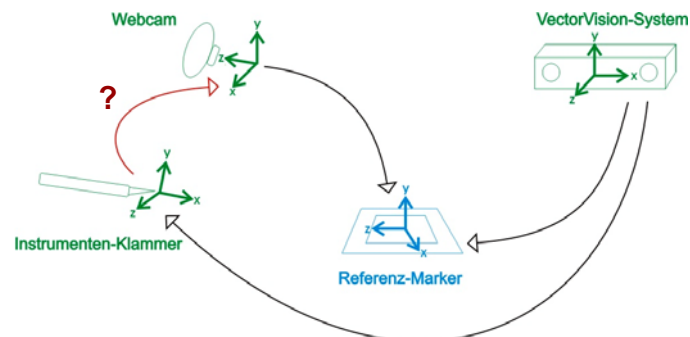
Digitale Webcam mit **Markerklammer**

- **Markerklammer** für chirurgisches Werkzeug (infrarotreflektierend)
- Tracking mit **sechs Freiheitsgraden**, Abfrage über **Netzwerk-Schnittstelle**
- **Relation** zwischen Markerklammer und Kamera benötigt

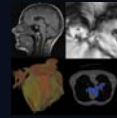
[Fischer et al., Eurographics Symp. VE 2004]



- Spezieller, neu entwickelter **Kalibrierungsschritt**
- Einsatz von optischem **Marker-Tracking** (einmalig)

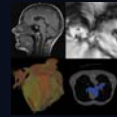


WS GR/S Graphische Überlagerung mit ARGUS

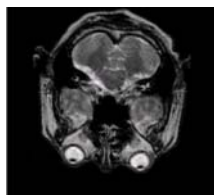


- **Patientenregistrierung** wird vom IGS-System übernommen
- Bildrate **15 – 28 fps**, abhängig von der Konfiguration des IGS-Systems

WS GR/S Verdeckungsbehandlung



- Behandelt **Verdeckung** graphischer Objekte durch Patienten
- Anwendungsspezifische **Volumen-Vorverarbeitung**

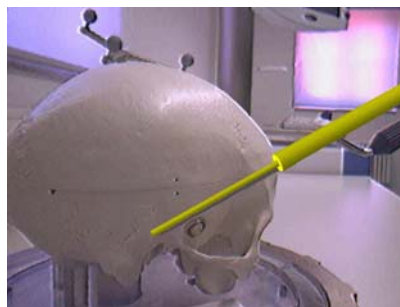


Schicht aus Eingabevolumen

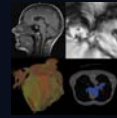


Vereinfachtes Volumen

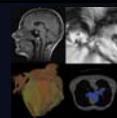
- Verdeckungsbehandlung in **Echtzeit**
- **Fortgeschrittenes Rendering in AR**



[Fischer et al., ACM VRST 2004]



- Einführung
- Medizinische Erweiterte Realität
- **Stilisierte Erweiterte Realität**
- Illustrative Visualisierung und AR
- Zusammenfassung und Ausblick

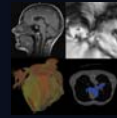


- **Neuer Ansatz:** Anwendung der **gleichen Stilisierung** auf
 - **Kamerabild** und
 - **virtuelle Objekte**
- Ausgabe in **Echtzeit**

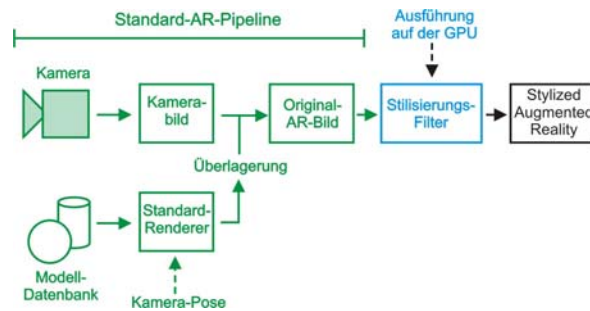


Comic-artiger Stil

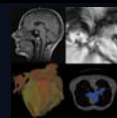
[Fischer et al., *Stylized Augmented Reality for Improved Immersion*, IEEE Virtual Reality 2005]



- Fortgeschrittener Ansatz für die **comicartige Stilisierung**
- Entworfen als **Nachverarbeitungs-Filter**
- Ausführung **auf der GPU** (Graphics Processing Unit)



Übersicht über das GPU-basierte System



Elemente des comicartigen Stils:

- Einheitlich **eingefärbte Flächenstücke**
- Schwarze **Silhouetten-Linien**

Zwei Filterschritte:

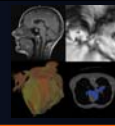
- **Farbvereinfachung**
- **Kantendetektion**



[disneysites.com]

[Fischer et al., IEEE and ACM ISMAR (Poster), 2005]
[Fischer et al., Eurographics Symposium VE 2006]

WS GR/S Farbvereinfachung



- Neuer **nicht-linearer Filter** basierend auf bilateraler Filterung
- Kein **Distanz-Gewicht**
- Nur **Farbunterschiede im YUV-Raum** werden betrachtet

$$h(x) = k^{-1}(x) \sum_{\xi \in \Omega_x} f(\xi) s(f_{UV}(\xi), f_{UV}(x))$$

Normalisierung: $k^{-1}(x)$
 Summe über Nachbarschaft: $\sum_{\xi \in \Omega_x}$
 Aktuelles Pixel: $f(\xi)$
 Pixel-Gewichtung: $s(f_{UV}(\xi), f_{UV}(x))$

$$s(f_{UV}(\xi), f_{UV}(x)) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{|f_{UV}(\xi) - f_{UV}(x)|}{\sigma_p} \right)^2}$$

Pixel-Gewichtung: $s(f_{UV}(\xi), f_{UV}(x))$
 Differenz der U- und V-Komponenten: $|f_{UV}(\xi) - f_{UV}(x)|$

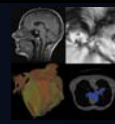


Original-Bild



Vereinfachtes Farbbild

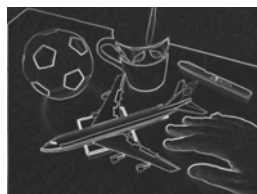
WS GR/S Kantendetektion



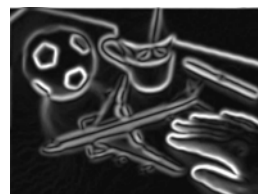
- Spezielle Methode zur Kantendetektion basierend auf dem **Sobel-Filter**
- **Adaptive Gewichtung** von Farb- (U,V) und Intensitäts-Gradienten (Y)
- **Original- und vereinfachtes** Farbbild werden betrachtet



Originalbild

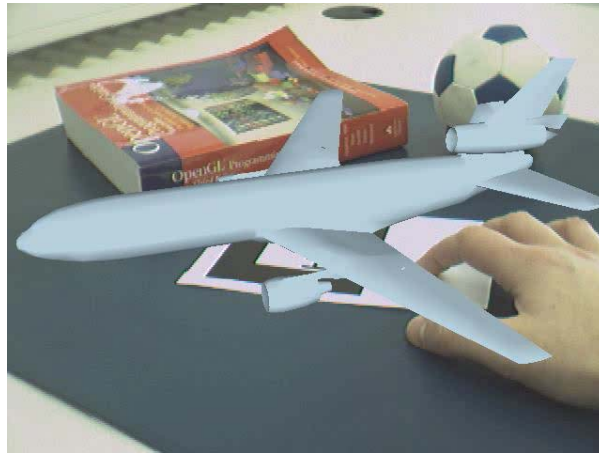
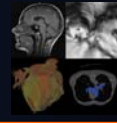


Kanten im Originalbild



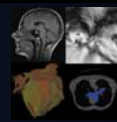
Kanten im vereinfachten Bild

ws GR/s GPU-Filter - Video

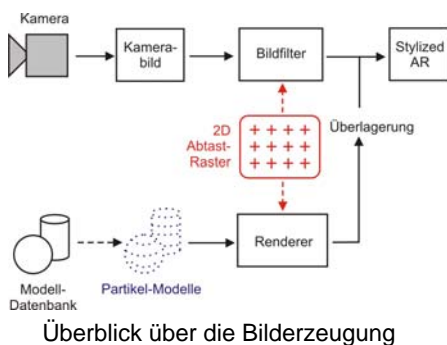


- **Echtzeit-Bildrate** (> 25 fps)
- Ausgabevideo mit **hoher Qualität** (reduziertes Flackern)

ws GR/s Stilisierung mit Pinselstrichen



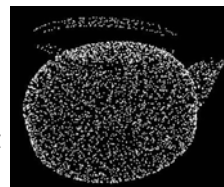
- Bilder bestehen aus **kleinen Pinselstrichen** (inspiriert vom *Pointillismus*)



Kamerabild-Filter basiert auf **Abtast-Raster**

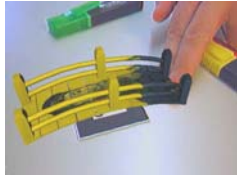
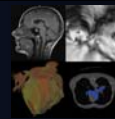


Virtuelle Objekte werden in **Partikelmodelle** umgewandelt



- **Gleiches Abtast-Raster** für Kamerabild und virtuelle Objekte
- Speziell angepasster Darstellungs-Algorithmus

ws GR/s Pinselstrich-Stilisierung Ergebnisse



Konventionelle AR-Darstellung

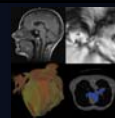


Pinselstrich-Stilisierung



[Fischer et al., ACM VRST 2005]

ws GR/s Psychophysikalische Studie



- 18 Teilnehmer, 15 reale Objekte, 15 virtuelle Objekte



Real, konventionelle AR



Real, stilisierte AR



Virtuell, konventionelle AR

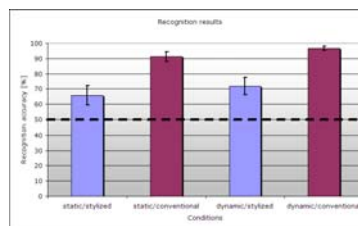


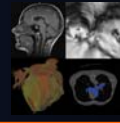
Virtuell, stilisierte AR

"Ist das Objekt in der Mitte real oder virtuell?"

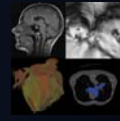
- Konventionelle AR: **94%** korrekt
- Stilisierte AR: **69%** korrekt

[Fischer et al., Eurographics Symp. VE 2006]

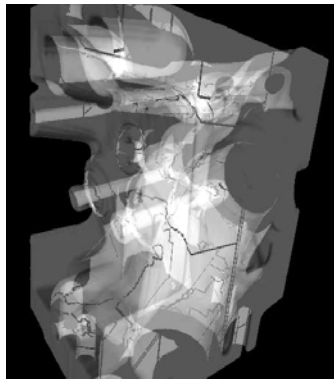




- Einführung
- Medizinische Erweiterte Realität
- Stilisierte Erweiterte Realität
- **Illustrative Visualisierung und AR**
- Zusammenfassung und Ausblick

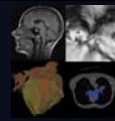


- Wie können **versteckte Strukturen** in polygonalen Modellen dargestellt werden?
- Einfacher Ansatz: Verwendung von **Transparenz**

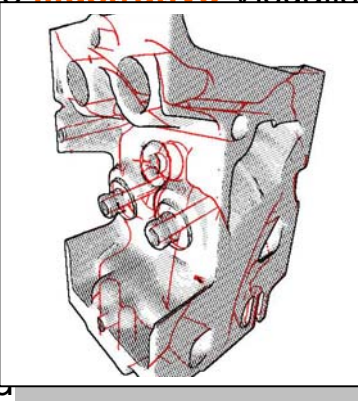


Problem: Zu viele Strukturen sichtbar ⇒ **verwirrende** Darstellung

ws GR/s Entwurfsziele

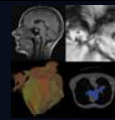


- 1) Verständliche **illustrative** Visualisierung
 ⇒ **Silhouetten** und **Schraffur**
- 2) Visualisierung
 ⇒ Erste ver
- 3) **Keine** (man)
- 4) Optionale **zu** definierter in
- 5) **Echtzeit**-Bild

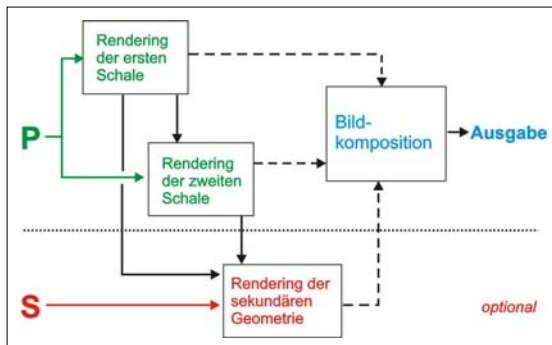


[Fischer et al., IEEE Visualization 2005]

ws GR/s Algorithmus - Übersicht

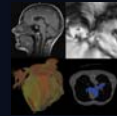


- **Mehrschritt**-Verfahren mit abschließendem **Bildverarbeitungsschritt**
- Zwischenergebnisse werden als **Texturen** gespeichert
- Implementierung auf der **GPU** (Graphics Processing Unit)

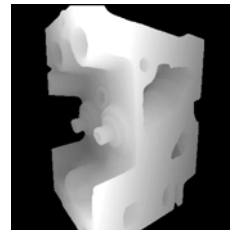
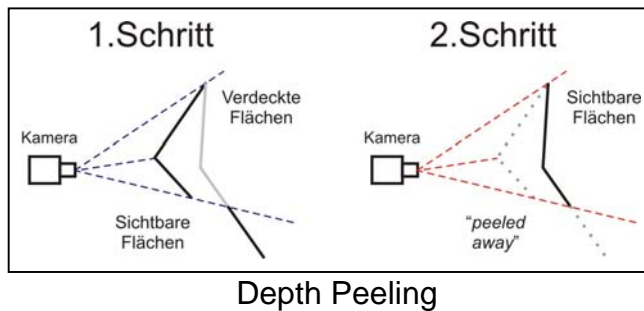


P – primäre Geometrie (z.B. Haupt-Isofläche)
S – sekundäre Geometrie (manuell definierte innere Strukturen)

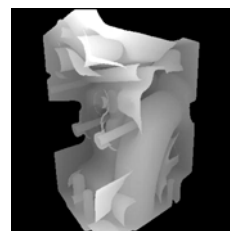
ws GR/s Depth Peeling



- Automatische Extraktion der **zweiten Geometrie-Schale**
- **Zusätzlicher Tiefentest** im zweiten Rendering-Schritt

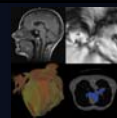


1. Geometrie-Schale

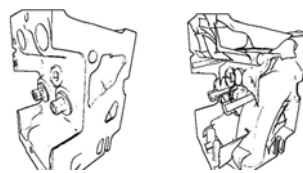


2. Geometrie-Schale

ws GR/s Illustrative Visualisierung



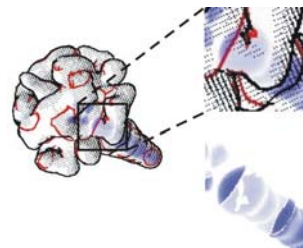
Bildbasierte Detektion von **Silhouetten**



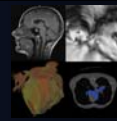
Monochrome **Schraffur**
basierend auf diffuser Beleuchtung



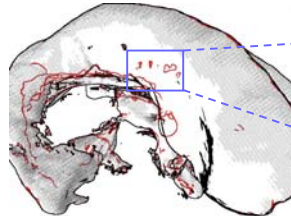
Opake Darstellung der **Sekundärgeometrie**
mit tiefenabhängiger Abschwächung



WS
GR/S Illustrative Visualisierung -
Ergebnisse



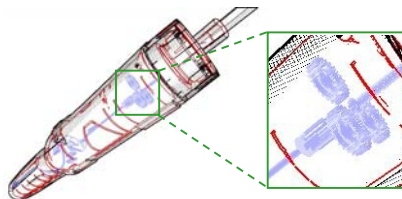
Dickdarm (Ausschnitt)



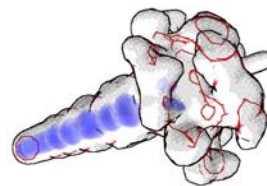
Ventrikel



Löcher im Septum

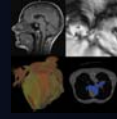


Schraubenzieher (CAD-Modell)



Kraftstoff-Einspritzvorgang

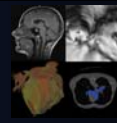
WS
GR/S Illustrative Visualisierung - Video



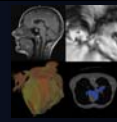
Engine Datensatz
(311k Eckpunkte)

Illustrative Darstellung, 800x600
> 28 fps

- Zudem **Anwendung** des illustrativen Stils **in der AR**

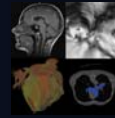


- Einführung
- Medizinische Erweiterte Realität
- Stilisierte Erweiterte Realität
- Illustrative Visualisierung und AR
- **Zusammenfassung und Ausblick**



- Neues medizinisches AR-System, u.a. mit einer Erweiterung für die **Verdeckungsbehandlung**
- Anwendung künstlerischer und illustrativer **Stilisierung in AR**
- **Illustrative Visualisierung** versteckter Strukturen (und Anwendung in AR)

Entwicklung neuer Darstellungsverfahren für die Erweiterte Realität.
⇒ Bisher relativ wenig beachtetes Gebiet



Interaktive Installation "The Augmented Painting"

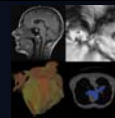


[Fischer et al., ACM SIGGRAPH
Emerging Technologies 2006]

Berücksichtigung von Effekten im Kamerabild



[Fischer et al., eingereicht zur ISMAR 2006]



Gutachter:

Prof. Dr. Straßer, Prof. Dr. Fröhlich (Universität Weimar), PD Dr. Bartz

GRISleys:

Ángel del Río, Zein Salah, Stefan Kimmerle, Bernhard Thomaszewski, Andreas Schilling, Douglas Cunningham, Ralf Sondershaus, Peter Biber, Sven Fleck, Dirk Stanek, Michael Keckeisen, Markus Wacker, Michael Wand, Philipp Jenke, Urs Kanus, Gregor Wetekam, Johannes Mezger, Johannes Görke, Stefan Guthe, Michael Hauth, Johannes Hirche, Adelheid Ebert, Constanze Christ

Studenten:

Melissa Mekic, Christine Schaller, Martin Köbele, Michael Eichler

Projekt VIRTUE:

Jürgen Hoffmann, Carsten Westendorff, Frank Duffner,
Dirk Freudenstein, Marcos Tatagiba, Markus Neff*,
Ulrich Seifert*, Sven Flossmann* (*BrainLAB AG)



MPI Biologische Kybernetik:

Christian Wallraven