

# Perzeptuell motivierte illustrative Darstellungsstile für komplexe Modelle

Zein Salah<sup>1</sup>, Douglas W. Cunningham<sup>2</sup> Dirk Bartz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>FIN/ISG, Universität Magdeburg,  
salah@isg.cs.uni-magdeburg.de

<sup>2</sup>Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen,  
douglas.cunningham@tuebingen.mpg.de

<sup>3</sup>ICCAS/Visual Computing, Universität Leipzig,  
dirk.bartz@iccas.de

**Abstract:** Illustrationen werden erfolgreich in den Ingenieurwissenschaften, den Naturwissenschaften und der Medizin zur abstrahierten Darstellung von Objekten und Situationen verwendet. Typischerweise sind diese Illustrationen Zeichnungen, bei denen der Illustrator künstlerische Techniken zur Betonung relevanter Aspekte der Objekte einsetzt. Im Gegensatz dazu erzeugen Visualisierungen eine direkte, nicht abstrahierte visuelle Darstellung von Simulationen, gescannten Objekten oder modellierten Daten. Durch die inhärente Komplexität dieser Datensätze stellt sich die Interpretation dieser Daten jedoch oft als schwierig dar. Die illustrative Visualisierung hingegen versucht beide Ansätze zur einer abstrahierten Darstellung eines Datensatzes zu verbinden, in der die wesentlichen Charakteristika betont werden. Dieser Ansatz bekommt eine besondere Bedeutung bei sehr komplexen Modellen, die u.U. aus vielen einzelnen Objekten bestehen, wie z.B. einzelne Bauteile einer Maschine, oder segmentierten Organen aus einem CT- oder MRT-Datensatz eines Menschen. Während im Allgemeinen die illustrative Visualisierung einer bessere Betonung ausgewählter und relevanter Informationen als die traditionelle Visualisierung erreicht, so stellen viele nah beieinander gelegene Objekte eine Herausforderung dar, da sie klar von einander getrennt werden müssen.

## 1 Einleitung

In diesem Beitrag stellen wir einen Richtlinien-basierten Ansatz für die illustrative Visualisierung von komplexen Modellen aus vielen einzelnen Objekten vor. Eine bessere Wahrnehmung der einzelnen Objekte wird zumeist schon durch die Darstellung mit unterschiedlichen Stilelementen erreicht. Um jedoch den Aufmerksamkeitsfokus auf eine Zielstruktur zu lenken - z.B. eine Risikostruktur während eines chirurgischen Eingriffs - müssen jedoch zusätzlich Objektattribute wie Farbe, Transparenz und Randstärken (Silhouetten) angepasst werden. Die hier vorgestellten Richtlinien beschränken die Anzahl möglicher Kombinationen durch statische Heuristiken, die aus Erkenntnissen der Wahrnehmungsforschung abgeleitet wurden. Die Gesamtheit der Heuristiken wurde durch ein Wahrnehmungsexperiment validiert. Während der Ansatz auf der Basis von Datensätzen aus dem Fahrzeug- und Maschinenbau validiert wurde, so ist er jedoch nicht darauf be-

schränkt, sondern kann ohne Beschränkung der Allgemeinheit auch in anderen Anwendungsgebieten eingesetzt werden. Dazu gehören insbesondere auch interaktive visuelle Darstellungen im medizinischen Umfeld des Operationssaals, bei denen die Aufmerksamkeit des Handelnden auf ein Zielorgan oder eine gefährdete Risikostruktur gelenkt werden soll.

**Verwandte Arbeiten.** Die letzten Jahren haben eine große Zahl wissenschaftlicher Beiträge gesehen, die illustrative Techniken für Rendering und Visualisierung verwendet haben. [Bar08] stellt einen Überblick über diese Arbeiten sowie die perzeptuelle Evaluierung der Hervorhebungsverfahren vor. Alternativ zu den in diesem Betrag vorgestellten Richtlinien wurden weitere Verfahren vorgestellt. Healey et al. diskutierten ein regelbasiertes wahrnehmungsorientiertes System für pinselstrichbasierte Visualisierung [Hea08]. Bair et al. kombinierte Techniken des Data Minings, um Lösungen in einer Datenbank bewerteter Visualisierungen zu finden [BHW06]. Wang et al. stellten ein wissensbasiertes System zum Farbwurf für die Visualisierung vor [Wan08]. Als einer der wenigen Arbeiten im medizinischen Bereich evaluierten Tietjen et al. [TIP05] verschiedene illustrative Darstellungstechniken für die Planung von Lebereingriffen.

**Richtlinien für die Darstellung von Multiobjektmodellen.** Während die Darstellung einzelner Objekte relativ einfach ist, nimmt die Komplexität des Illustrationsproblems mit dem Rendering mehrerer benachbarter Objekte erheblich zu. In dieser Arbeit klassifizieren wir diese Objekte in *Fokus-* und *Restobjekte*.

Durch die hohe Zahl von möglichen Kombinationen ist die Wahl von Rendering- und Schattierungsstilen für eine effektive Illustration von zentraler Bedeutung. Aus der Wahrnehmungsforschung ist bekannt, dass bestimmte visuelle Attribute die Aufmerksamkeit auf sich ziehen und so einzelne Elemente aus einem dichten Feld während einer visuellen Suche hervorgehoben werden. In diesem Kontext werden Silhouette, saturierte Farbtöne und Änderung der Durchsichtigkeit eingesetzt und Beleuchtungseffekte mit einer Lichtquelle mit einer diffusen Komponente modelliert. Silhouetten erlauben eine deutliche Verbesserung der Formwahrnehmung, da sie als unterstützende Hinweise für die so genannte Vordergrund-/Hintergrund-Trennung (figure-to-ground Segregation) dienen. Außerdem betont die Silhouettenstärke (Dicke) den Wichtigkeitsgrad eines Objektes.

Für die Fokusobjekte werden vor allem gesättigte warme Farben (z.B. Rot) und einer maximalen Luminanz eingesetzt, während für alle Restobjekte weniger gesättigte (eventuell auch kältere) Farben gewählt werden. Dabei sollen diese Farben von der des Fokusobjektes linear separierbar sein. Zusätzlich reflektiert die Transparenz den Interessensgrad des Objektes (*degree-of-interest*) [Fur86].

## 2 Perzeptuelle Validierung

Für das Wahrnehmungsexperiment zur Validierung der Richtlinien wurden 12 Bilderpaare generiert. Die zwei Bilder eines Paares sind fast identisch und der Unterschied liegt ausschließlich in der Einhaltung der Richtlinien. Um die Allgemeinheit der Ergebnisse si-

cherzustellen werden drei verschiedene Maschinenbaumodelle (ein Automotor, Teil eines LKW-Motors und ein elektrischer Schraubenzieher), zwei Fokusobjekte und zwei Blickpunkte verwendet. Um die extremen Erwartungswerte zu maximieren hingen die Verletzungen der Richtlinien von den spezifischen Modellen und den entsprechenden Fokusobjekten ab. Zehn erfahrene, naive, psychophysische Betrachter identifizierten das Fokusobjekt in jedem Bild. Hinsichtlich der Genauigkeitsrate und der Reaktionszeit haben die entsprechend der in diesem Beitrag vorgestellten Richtlinien generierten Bilder deutlich bessere Ergebnisse ergeben (90.8% vs. 52.5%; 2.3 versus 3.5 Sekunden). Bis auf eine Ausnahme haben die Bilder, die entgegen unserer Richtlinien erzeugt wurden, niedrigere Genauigkeitsgrade und langsamere Reaktionszeiten produziert, als die den Richtlinien entsprechenden Bilder. Mit diesen Ergebnissen wird deutlich, dass diese Methoden zur gezielten Benutzerführung auch für prä- und intraoperative chirurgische Szenarien eingesetzt werden kann, wie sie z.T. in [PB07] beschrieben wurden.

### 3 Zusammenfassung

Die Ergebnisse unserer Studie zeigten deutlich, dass die herkömmlichen illustrativen Visualisierungsverfahren integriert werden können, um hochwertige, aussagekräftige Illustrationen von benachbarten Objekten zu produzieren, wenn man bestimmte Richtlinien sorgfältig einhält. Unser Experiment hat nur die allgemeine Effektivität des Verfahrens untersucht. Der Fokus der zukünftigen Arbeiten wird insbesondere die differenzielle Wichtigkeit der Richtlinien in Bezug auf Empfindlichkeit zum Grad der Verletzung der Richtlinien untersuchen.

### Literatur

- [Bar08] Bartz, D. et al. The Role of Perception for Computer Graphics. In *Eurographics State-of-the-Art-Reports*, Seiten 65–86, 2008.
- [BHW06] Bair, A., House, D. und Ware, C. Texturing of Layered Surfaces for Optimal Viewing. In *Proc. of IEEE Visualization*, Seiten 1125–1132, 2006.
- [Fur86] Furnas, G. Generalized Fisheye Views. In *Proc. of Human Factors in Computing Systems*, Seiten 16–23, 1986.
- [Hea08] Healey, C. et al. Visual Perception and Mixed Initiative Interaction for Assisted Visualization Design. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 14(2):396–411, 2008.
- [PB07] Preim, B. und Bartz, D. *Visualization in Medicine - Theory, Algorithms, and Applications*, Kapitel 17. Morgan Kaufman Publishers, Burlington, 2007.
- [TIP05] Tietjen, C., Isenberg, T. und Preim, B. Combining Silhouettes, Shading, and Volume Rendering for Surgery Education and Planning. In *Proc. of Eurographics/IEEE Symposium on Visualization*, Seiten 303–310, 2005.
- [Wan08] Wang, L. et al. Color Design for Illustrative Visualization. In *Proc. of IEEE Visualization*, Seiten 1739–1746, 2008.