

# **Interaktives Illustrieren von Informationsräumen: Räumliche und funktionale Zusammenhänge spielerisch »begreifen«**

Felix Ritter

MeVis – Centrum für Medizinische Diagnosesysteme und Visualisierung GmbH  
Universitätsallee 29, 28359 Bremen, ritter@mevis.de

## **1 Einleitung**

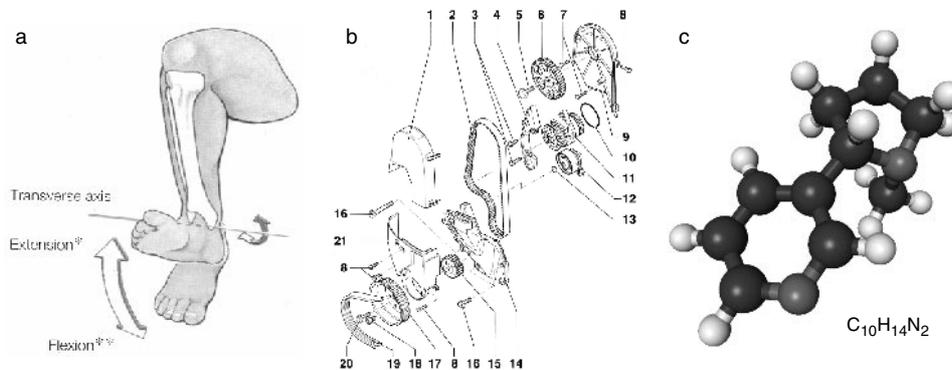
In vielen Bereichen ist es notwendig, komplexe räumliche und funktionale Zusammenhänge zu verstehen und zu vermitteln. Dies gilt sowohl für technische Konzepte als auch für Strukturen und Beziehungen, die sich naturwissenschaftlichen Bereichen zuordnen lassen. Beispielsweise erfordert die Montage und Wartung einer Flugzeugturbine nicht nur Kenntnisse der Funktionsweise, sondern auch die der räumlichen Anordnung der Baugruppen. Medizinstudenten müssen in Vorbereitung auf operative Fächer umfangreiches anatomisches Wissen erlangen. Chemiker analysieren die räumliche Struktur und Eigenschaften von Proteinen, um die Möglichkeit neuer Verbindungen zu bewerten.

Natürlichsprachliche Beschreibungen sind nur bedingt geeignet, räumliche Sachverhalte verständlich und ansprechend zu präsentieren. Dieser Aufgabe kann durch Illustrationen sehr viel besser entsprochen werden (siehe Abbildung 1). Oft werden sie in Büchern verwendet, um schwer zugängliche oder umfangreiche Abschnitte zu verdeutlichen. Ihre bildliche Beschreibung erlaubt zum einen die sprachunabhängige, gebündelte Kommunikation von Informationen, zum anderen vereinfacht ihre fokussierte Darstellung das Erkennen und Erfassen wesentlicher Merkmale und Zusammenhänge der abgebildeten Aspekte. Es erfolgt eine klare visuelle Trennung von wichtigen und weniger wichtigen Informationen. Zusätzliche graphische Elemente, wie Pfeile oder Symbole, aber auch textuelle Beschriftungen präzisieren Merkmale und Beziehungen der illustrierten Phänomene.

Die Illustration und Hervorhebung komplexer räumlicher Zusammenhänge kann in einer Abbildung allein jedoch nur eingeschränkt erfolgen, da infolge der projektiven Darstellung Informationen verloren gehen. Alternativ werden deshalb oftmals mehrere Ansichten eines Sachverhaltes gezeigt, die vom Betrachter mental integriert werden müssen. Mit steigender Komplexität der Abbildung sowie Anzahl der Ansichten erhöht sich jedoch die Bindung kognitiver Ressourcen, die somit nicht mehr für andere Aufgaben des Lernabschnittes zur Verfügung stehen [FMN<sup>+</sup>91]. Die Gefahr den Betrachter zu überfordern wächst, Zusammenhänge werden nur unzureichend oder gar nicht erkannt [BY90].

Bewegtbilder sind besser geeignet, um räumliche Zusammenhänge zu vermitteln. Die Möglichkeiten, kontinuierliche Übergänge zwischen unterschiedlichen Betrachterstandpunkten darzustellen sowie dynamische Veränderungen der Objekte und ihrer Umgebung zu zeigen, helfen dem Betrachter, räumliche und funktionale Beziehungen zu erkennen.

**Abbildung 1:** Illustrationen verschiedener Phänomene aus den Bereichen Medizin, Mechanik und Chemie. a: Vertikale Bewegung des Fußes im Fußgelenk [PP97], b: Zahnriementrieb des VW-Polo [Etz95], c: Räumliche Anordnung der Atome im Nikotin Molekül (erstellt aus Protein-Databa-se Datei)



Viele Lehrvideos nutzen diesen Vorteil. Die Bildqualität der Videosequenzen bleibt jedoch zum Teil deutlich hinter der vergleichbarer Abbildungen in Lehrbüchern zurück, wodurch beispielsweise Darstellungen mit hoher struktureller Komplexität erschwert werden. Auch die Wiedergabe von Farbinformationen ist mit Einschränkungen verbunden.

Hinzu kommt ein weiterer entscheidender Schwachpunkt: Sowohl Print als auch Filmmidien zeigen vorgefertigte Ansichten und Sequenzen, die vom Informationssuchenden lediglich in der Reihenfolge ihrer Betrachtung verändert werden können. Interaktive Lernsysteme auf der Basis von 3D-Modellen verfügen hier über ein deutlich größeres Potenzial. Beispiele für derartige Systeme im Bereich der Medizin sind der VOXELMAN [HPP<sup>+</sup>96] oder der ZOOM ILLUSTRATOR [PRS97]. Neben der freien Wahl einer Ansicht durch Manipulation der virtuellen Kamera kann der Nutzer bestimmte Teile des 3D-Modells ausblenden. Dem Betrachter wird mit diesen Systemen ein Informationsraum zur Verfügung gestellt, dessen Mächtigkeit den Informationsgehalt einer einzelnen Ansicht deutlich übersteigt. Eine Individualisierung der Darstellung und Anpassung an das Informationsbedürfnis des Informationssuchenden ist in den derzeit verfügbaren Systemen jedoch nur sehr eingeschränkt möglich. Viele Nutzer wünschen sich mehr Möglichkeiten zur direkten Manipulation des Informationsraumes. Studien aus der Gedächtnispsychologie stützen diesen Wunsch, da sich Menschen an selbst ausgeführte Handlungen wesentlich besser erinnern, als an solche, die ihnen nur beschrieben wurden (›Tu-Effekt‹ – [Eng97], ›Meaningful learning‹ – [May01]).

Es ist zu erwarten, dass das Verständnis der räumlichen und funktionalen Zusammenhänge durch eine intensive, direkte Interaktion mit dem Informationsraum verbessert wird [Osb97]. Dies setzt jedoch ein motivierendes Interaktionskonzept voraus, dessen Ziel für den Nutzer klar erkennbar ist und dessen Interaktionstechniken auf die speziellen Aufgaben der Exploration räumlicher und funktionaler Zusammenhänge abgestimmt sind. Des

Weiteren kann auch die verbildlichte Darstellung selbst gezielt um visuelle Hilfen zur Orientierung angereichert werden. Um dem Konzept von Illustrationen gerecht zu werden, müssen diese primär das Verständnis des verbildlichten Sachverhaltes verbessern und weniger ästhetischen Gesichtspunkten dienen. Neben den zuvor genannten metagraphischen Symbolen werden hierbei insbesondere Hilfen untersucht, die der Betrachter von seiner natürlichen Wahrnehmung gewohnt ist. Hierzu zählen beispielsweise Hinweise auf räumliche Tiefe.

Automatisch eine Entscheidung über das aktuelle Informationsbedürfnis des Nutzers zu treffen ist schwierig, dennoch ist eine adaptive Darstellung des Informationsraumes aufgrund seiner Mächtigkeit notwendig. Durch die direkte Interaktion und Manipulation von Aspekten des Informationsraumes hat der Nutzer einerseits selbst die Möglichkeit die Darstellung zu adaptieren und räumliche Zusammenhänge zu erkunden. Andererseits ist es wünschenswert, Zusammenhänge aufgezeigt zu bekommen und Hinweise auf weiterführende Aspekte zu erhalten, die mit dem gewählten Ausschnitt des Informationsraumes assoziiert sind. Die Generierung, Darstellung und Integration dieser Zusammenhänge und Hinweise sind weitere Schwerpunkte dieser Arbeit. Aufgrund der Ansprüche an die direkte Interaktion müssen hieraus resultierende Veränderungen der Darstellung für den Nutzer nachvollziehbar sein und dürfen die Interaktion nicht störend beeinflussen.

Während räumliche Zusammenhänge des Informationsraumes gut anhand von 3D-Visualisierungen veranschaulicht werden können, profitiert die Illustration funktionaler Zusammenhänge und Abhängigkeiten nur bedingt von der dreidimensionalen Darstellung. Beispiele aus der Literatur zeigen, dass es hierfür oftmals von Vorteil ist, auf eine Illustration zurückzugreifen, die auf eine korrekte Wiedergabe der räumlichen Objektbeschaffenheit zugunsten einer einfachen Darstellung funktionaler Abhängigkeiten verzichtet. Dies erleichtert zudem die zusätzliche Integration metagraphischer Symbole und textueller Beschriftungen. Für die interaktive Erkundung und Manipulation einer 3D-Illustration ist die räumliche Orientierung und Einbeziehung von Tiefenhinweisen hingegen von großer Bedeutung. Daher wird eine integrierte Darstellung räumlicher Beziehungen und funktionaler Abhängigkeiten ebenfalls untersucht und eine Lösung entwickelt.

## 2 Fragestellungen und Aufgaben

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung von Methoden und daraus abgeleiteten Techniken für die interaktive Exploration räumlicher und funktionaler Zusammenhängen anhand computergenerierter Illustrationen. Bei der Interaktiven Illustration steht der Betrachter im Vordergrund, sein Informationsbedürfnis dient als Ausgangspunkt. Er selbst individualisiert die Verbildlichung eines künstlich geschaffenen Informationsraumes, indem er durch seine interessengesteuerte Interaktion mit dem Informationsraum Illustrationen gestaltet, die seinem Informationswunsch entsprechen. Das interaktive System unterstützt und motiviert den Betrachter bei der Informationssuche und kann auf wichtige Aspekte hinweisen, dabei behält der Betrachter jedoch immer die Kontrolle.

Neben der Entwicklung neuer Techniken liegt der Fokus dieser Arbeit vor allem auf dem Entwurf eines integrierenden Konzeptes und dessen praktischer Umsetzung sowie Validierung. Trotz der hier gewählten konkreten Anwendung im Bereich Medizin sind die grundlegenden Methoden allgemein genug, um auch in anderen Bereichen Verwendung zu finden. Folgende Fragestellungen wurden dabei unter anderem untersucht:

- Welche Bestandteile repräsentieren den Informationsraum, wie können sie gestaltet und verknüpft werden?
- Welche Interaktionsmöglichkeiten sind für die Exploration notwendig und wie können sie realisiert werden?
- Wie kann der Benutzer bei der Exploration unterstützt und geführt werden, ohne die Kontrolle abzugeben?
- Wie können zusätzliche Informationen gemäß dem Informationsbedürfnis des Betrachters ausgewählt werden?
- Auf welche Weise können räumliche und funktionale Aspekte in einer interaktiven, dynamischen Darstellung kombiniert werden?
- Wie lässt sich die räumliche Wahrnehmung sowie die Wahrnehmung funktionaler Zusammenhänge durch neue Darstellungstechniken fördern?
- Wie lassen sich zusätzliche Informationen präsentieren, ohne dass diese die Exploration stören oder nicht wahrgenommen werden?
- Wie kann die Aufmerksamkeit des Betrachters auf wichtige Aspekte in der Darstellung gelenkt werden?
- Was muss ein motivierendes Konzept für die interaktive Exploration beinhalten?

### 3 Ergebnisse und Beitrag der Arbeit

Ausgehend von der zuvor beschriebenen Zielstellung liegt den Ergebnissen dieser Arbeit eine Betrachtung des Illustrationsprozesses aus der Sicht des Informationssuchenden zugrunde. Es wird gezeigt, dass der Wunsch nach einem aktiveren Umgang mit dem verbildlichten Informationsraum einer stärkeren Faktorisierung und Verzahnung des Illustrationsprozesses bedarf. Dies betrifft sowohl den Prozess der Generierung als auch den der interaktionsgesteuerten Individualisierung und Darstellung. Aufbauend hierauf wurden folgende, praktisch relevante Ergebnisse erzielt:

- Formalisierung des computergraphischen Illustrationsprozesses und Erweiterung um Gestaltungseinflüsse des Betrachters
- Entwicklung und Validierung eines Konzeptes für die »Begreifende« Exploration räumlicher und funktionaler Zusammenhänge

- Entwicklung von Interaktionstechniken für die Exploration und Manipulation einer 3D-Illustration sowie die Unterstützung der 3D-Interaktion durch spezielle Darstellungsmethoden zur räumlichen Wahrnehmung
- Kombination der Navigation und Manipulation in einer beidhändigen Steuerung der interaktiven Exploration
- Ableitung von Kriterien zur Bewertung der Benutzerinteraktion und Modellierung des Benutzerinteresses auf Grundlage dieser Bewertung unter Berücksichtigung semantischer Abhängigkeiten
- Entwicklung und Klassifizierung von Hervorhebungstechniken für die interaktive 3D-Illustration
- Entwicklung und Bewertung von Integrations- und Darstellungstechniken textueller Annotationen in der interaktiven 3D-Illustration
- Entwicklung einer neuartigen Methode für die kohärente Darstellung von räumlichen und funktionalen Aspekten eines zu verbildlichenden Phänomens und die generelle Integration von 3D- und 2D-Illustrationen
- Bereitstellung einer portablen, erweiterbaren Softwarebibliothek für die interaktive 3D-Illustration

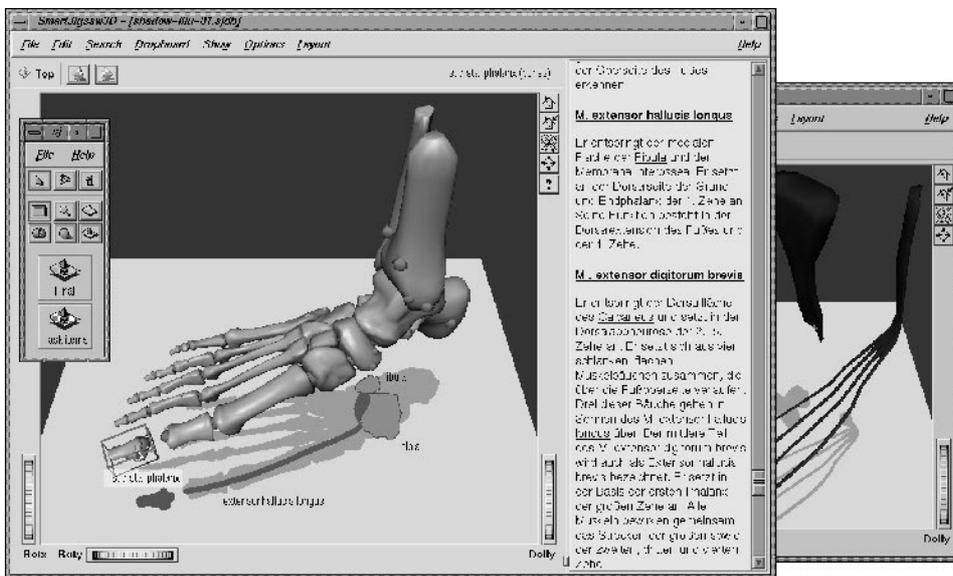
Insgesamt konnte gezeigt werden, dass die Exploration räumlicher und funktionaler Zusammenhänge durch die entwickelten Methoden und Techniken gut unterstützt werden kann. Die Betrachtung des Illustrationsprozesses unter den Anforderungen des Informationssuchenden stellt die interaktive Exploration als maßgeblichen Faktor beim Wissenstransfer heraus, deren Potenzial ohne integrierendes, unterstützendes Konzept jedoch nur ungenügend ausgeschöpft wird (Abbildung 2).

## Literatur

- [BY90] Christina Burbeck and Yen Lee Yap. Spatiotemporal limitations in bisection and separation discrimination. *Vision Research*, 30(11):1573–1586, 1990.
- [Eng97] J. Engelkamp. *Das Erinnern eigener Handlungen*. Hofgrefe, Göttingen, 1997.
- [Etz95] Hans-Rüdiger Etzold. *VW-Polo: So wird's gemacht*. Delius Klasing, Bielefeld, first edition, 1995.
- [FMN<sup>+</sup>91] Elliot Fishman, Donna Magid, Derek Ney, Edward Chaney, Stephen Pizer, Julian Rosenman, David Levin, Michael Vannier, Janet Kuhlman, and Douglas Robertson. Three-dimensional imaging. *Radiology*, 181(2):321–337, November 1991.
- [HPP<sup>+</sup>96] Karl-Heinz Höhne, B. Pflesser, A. Pommert, M. Riemer, T. Schiemann, R. Schubert, and U. Tiede. A virtual body model for surgical education and rehearsal. *IEEE Computer*, 29(1):25–31, January 1996.
- [May01] Richard E. Mayer. *Multimedia Learning*. Cambridge University Press, New York, 2001.
- [Os97] K. M. Osberg. Spatial cognition in the virtual environment. Technical Report R-97-18, University of Washington: Human Interface Technology Lab, 1997.

- [PP97] R. Putz and R. Pabst. *Sobotta Atlas of Human Anatomy*. Williams & Wilkins, Baltimore, 1997.
- [PRS97] Bernhard Preim, Andreas Raab, and Thomas Strothotte. Coherent zooming of illustrations with 3D-graphics and text. In Wayne Davis, Marilyn Mantei, and Victor Klassen, editors, *Proc. of Graphics Interface (Kelowna, May 1997)*, pages 105–113. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 1997.

**Abbildung 2:** Bildschirmansicht der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Applikation zur »Befreienden« Illustration. Der Betrachter kann direkt mit einzelnen Bestandteilen der 3D-Illustration interagieren. Ein motivierendes Konzept leitet den Betrachter bei der Erkundung. Zusätzliche Informationen werden an den aktuellen Interaktionskontext angepasst und ohne Behinderung der Exploration und Wahrnehmung in die Darstellung eingefügt.



**Felix Ritter** (\*1973) graduierte von 1993 bis 1999 an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zum Diplom-Informatiker. Neben seinem Studiums arbeitet er von 1995 bis 1998 am Fraunhofer Institut IFF als wissenschaftliche Hilfskraft im Bereich der angewandten, virtuellen Realität, absolvierte im Wintersemester '96/97 ein Praktikum an der University of Idaho zum Thema Bergbausimulation & -visualisierung und arbeitete an einer umfangreichen Architekturpräsentation der Bundesgartenschau 1999 mit. Bis zum Jahr 2003 promovierte er am Institut für Simulation und Graphik der Universität Magdeburg als wissenschaftlicher Mitarbeiter, bevor er zur MeVis GmbH – Zentrum für Medizinische Diagnosesysteme und Visualisierung nach Bremen wechselte und dort 2005 seine Promotion beendete.